

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto**



**Sistema de gestão de consumo eléctrico  
doméstico com veículos eléctricos**

**Fábio Daniel Rosário Fernandes da Silva**

VERSÃO FINAL

Dissertação realizada no âmbito do  
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores  
Major Telecomunicações

Orientador: Prof.Dr. José Ruela  
Co-orientador: Eng. Carlos Pinho

Março de 2011



# Resumo

Nos últimos anos tem-se vindo a assistir a um aumento progressivo do consumo energético doméstico. Este facto deve-se essencialmente à adopção crescente de equipamentos que permitem a melhoria das condições de vida e conforto numa habitação - tais como aparelhos de ar condicionado, máquinas de lavar e secar roupa, máquinas de lavar loiça etc. Prevê-se que com a penetração dos veículos eléctricos no mercado e a necessidade do seu carregamento, o consumo energético doméstico, sofra um impacto significativo. Por outro lado, as baterias dos veículos eléctricos também podem ser utilizadas como fonte de energia em situações de “emergência” como no caso de falha de energia eléctrica em casa, ou em situações pontuais em que seja necessária uma quantidade de energia superior à contratada ao operador da rede eléctrica. Torna-se assim necessário criar soluções que optimizem o consumo eléctrico doméstico e potenciem uma gestão controlada da tarifa energética. Uma solução possível, abordada neste trabalho, passa por desenvolver um sistema que faça a gestão eficiente do consumo dos equipamentos de uma habitação, tendo em conta os que são passíveis de ser controlados bem como as preferências e necessidades dos utilizadores.

O sistema proposto para este trabalho vai permitir efectuar a gestão e controlo do consumo eléctrico numa habitação, este sistema é capaz de escalonar cargas de um conjunto de equipamentos, entre eles o carregamento do veículo eléctrico, gerir as cargas a ser utilizadas por equipamentos responsáveis pela iluminação e climatização da habitação e estabelecer um consumo mensal no qual o sistema tentará cumprir esse objectivo definido pelo utilizador.

O sistema recolhe os dados das características dos equipamentos, que vêm incluídos no próprio equipamento e que é posteriormente enviado ao sistema, e com base nas preferências do utilizador para a habitação, estimar consumos e escalonar as cargas mais facilmente. Também é possível recorrer as baterias do ou dos veículos eléctricos para fornecer à habitação energia em casos de emergência como cortes de energia pela *utility*.

O trabalho desenvolvido nesta dissertação tem um carácter inovador para sistemas de gestão de consumo eléctrico doméstico, já que contempla a gestão e carregamento da carga

do veículo eléctrico assim como a possibilidade de este ser o fornecedor de energia para a habitação.

Palavras-chave: veículo eléctrico, consumo eléctrico doméstico, carregamento de veículos eléctricos, sistema de gestão.

# Abstract

It has been witnessed an increase in household energy consumption. This is mainly due to an increased demand for equipment that support current living standards and improve comfort at home - air conditioners, washing machines, tumble dryers, dishwashers, etc. It is expected that with the arrival of electric vehicles to the market and the need for battery recharging at home, home energy consumption will suffer a significant impact. On the other hand, the electric vehicle batteries can be used as power supply in case of emergencies such as grid energy failure, or occasional peak situations where the energy needed exceeds the energy contracted to the utility. Thus, it is necessary to develop solutions that optimize the domestic electricity consumption and enable a controlled energy bill. One possible solution to achieve this objective consists in the development of one system dedicated to the efficient management of appliances consumption, considering the appliances that can be controlled as well as user preferences and needs.

The system proposed for this work will be able to manage and control power consumption in a house, this system is capable of scheduling loads of a set of equipment, including charging the electric vehicles, manage the equipment responsible for illumination and house temperature and establish a monthly consumption target, in which the system attempts to meet this target set by the user.

The system collects data on the characteristics of the equipment, which are included in the equipment itself and is then sent to the system, and based on user preferences for the house, and calculate the consumption and scheduling loads more easily. You can also use the batteries of electric vehicles to provide energy in emergencies such as power cuts by the utility.

The work in this thesis has developed an innovative system for management of domestic electricity consumption, since it involves the management and charging of electric vehicle load and the possibility of this being the energy supplier for housing.

Keywords: electric vehicle, electric domestic consumption, charging of electric vehicles, management system.



# Agradecimentos

Desejo agradecer aos meus orientadores, Professor José Ruela e Eng. Carlos Pinho por toda a simpatia e ajuda disponibilizada.

Agradeço a minha família que sempre me apoiou e possibilitou a realização deste curso, sem eles nada disto seria possível. Desejo agradecer à malta de Sobrado, Eng. Nuno, Tenente Manel e ao Gestor Dauno que sempre que eu tinha que efectuar trabalhos para a faculdade fizeram de tudo para eu me distrair e beber uns finos. Aos Eng. Fábio Teixeira, Hugo, e Filipe Ribeiro mais conhecidos por Baixinho, Xuki e Lipinho no mundo empresarial. Ao pessoal da 325, não vou dizer nomes senão a lista nunca mais acabava. As minhas “Farmacólogas” favoritas Ana Santos e Raquel Faria que querem drogar. E ao meu cão que todos os dias de manhã me vem lambe a cara.





# Índice

Resumo .....	iii
Abstract .....	v
Agradecimentos .....	vii
Índice .....	ix
Lista de figuras .....	xii
Lista de tabelas .....	xv
Abreviaturas e Símbolos .....	xvii
<b>Capítulo 1 .....</b>	<b>1</b>
Introdução .....	1
1.1 - Objectivos.....	2
<b>Capítulo 2.....</b>	<b>3</b>
Caracterização do Problema.....	3
2.1 - Enquadramento Geral do Problema.....	3
2.2 - Análise de requisitos .....	6
2.2.1 - Recolha de dados sobre o consumo.....	6
2.2.2 - Comunicação .....	6
2.2.3 - Controlo de equipamentos.....	6
2.2.4 - Inteligência.....	7
<b>Capítulo 3.....</b>	<b>9</b>
Estado de arte.....	9
3.1 - <i>Smart Metering</i> .....	9
3.1.1 - Funções do <i>Smart Metering</i> .....	10
3.1.2 - Principais benefícios .....	10
3.1.3 - Necessidade do mercado .....	11
3.1.4 - Implementações do <i>Smart Metering</i> .....	11
3.1.4.1 - Irlanda/CER .....	11
3.2 - <i>Smart Grids</i> .....	12
3.3 - Domótica .....	13
3.1.1 - Implementação de Domótica baseada em ZigBee.....	14

<b>Capítulo 4</b>	<b>17</b>
Tecnologias de suporte/ferramentas que possam ser usadas	17
4.1 - PLC	17
4.1.1 - Homeplug 1.0	17
4.1.2 - Homeplug AV	18
4.2 - Tecnologias Wireless	19
4.1.1 - IEEE 802.11a	19
4.1.2 - IEEE 802.11b	20
4.1.3 - IEEE 802.11g	20
4.1.4 - IEEE 802.11n	21
4.3 - Comparação entre PLC e Wireless	22
4.4 - Protocolo de comunicação ZigBee	24
<b>Capítulo 5</b>	<b>27</b>
Análise do Sistema	27
5.1 - Requisitos	27
5.1.1 - Utilizador	27
5.1.2 - Interface	28
5.1.3 - Sistema inteligente	29
5.2 - Estratégia e especificação preliminar	30
5.2.1 - Base de Dados	30
5.2.2 - Comunicação: Sistema <-> Sensores/actuadores	30
5.2.3 - Comunicação: Sistema <-> Veículo Eléctrico	31
5.3 - Recolha de dados	33
5.3.1 - Dados das características dos equipamentos	33
5.3.2 - Dados do Perfil do utilizador	34
5.3.3 - Dados do consumo dos equipamentos	34
5.3.4 - Dados dos sensores	34
5.4 - Equipamentos controláveis	35
5.5 - Algoritmo	35
5.6 - Interface gráfico	36
<b>Capítulo 6</b>	<b>39</b>
Desenvolvimento	39
6.1 - Ferramentas utilizadas	39
6.1.1 - Java	40
6.1.2 - XML	40
6.1.3 - Editor de Texto	41
6.1.4 - Tipo de Codificação de Caracteres	41
6.2 - Iniciação do Sistema e Estimativa do consumo	41
6.2.1 - Recolha de dados sobre os equipamentos	41
6.2.2 - Perfil do utilizador	47
6.2.2.1 - Horário da casa	47
6.2.3 - Equipamentos controláveis	50
6.2.3.2 - Prioridades dos equipamentos	50
6.2.3.3 - Utilização média dos equipamentos	51
6.2.4 - Plano energético e tarifas	51
6.2.5 - Diagrama de processo de iniciação do algoritmo	51
6.3 - Escalonador	53
6.4 - Buffer	56
6.5 - Redução de custos	56
6.6 - Simulador	59
<b>Capítulo 7</b>	<b>61</b>
Testes e resultados	61
7.1 - Cenários de teste	61
7.1.1 - Testes dos módulos implementados	61

7.1.1.1 - Recolha de dados .....	61
7.1.1.2 - Escalonamento .....	62
7.1.1.3 - Redução de carga para evitar ultrapassar o limite de potência contratada.....	62
7.1.1.4 - Resposta do <i>buffer</i> .....	62
7.1.2 - Testes gerais em diversos cenários .....	62
7.1.2.1 - Utilizador “normal” .....	62
7.1.2.2 - Teste do sistema em sobrecarga .....	63
7.1.2.3 - Situação de falha de energia durante uma utilização normal .....	63
7.1.2.4 - Situação de quebra de energia durante uma utilização em sobrecarga .....	63
7.1.3 - Teste de utilização com cenários aleatórios .....	63
7.2 - Testes e Resultados .....	63
7.2.1 - Testes aos módulos implementados .....	64
7.2.1.1 - Recolha de dados .....	64
7.2.1.1.1 - 1º Teste .....	64
7.2.1.1.2 - 2º Teste .....	66
7.2.1.2 - Escalonamento .....	68
7.2.1.2.1 - 1º Teste .....	69
7.2.1.2.2 - 2º Teste .....	70
7.2.1.3 - Redução de carga .....	71
7.2.1.3.1 - 1º Teste .....	72
7.2.1.3.2 - 2º Teste .....	73
7.2.1.3.3 - 3º Teste .....	74
7.2.1.4 - <i>Buffer</i> .....	74
7.2.1.4.1 - 1º Teste .....	75
7.2.1.4.2 - 2º Teste .....	75
7.2.2 - Testes gerais em diversos cenários .....	77
7.2.2.1 - Utilizador “normal” .....	79
7.2.2.2 - Teste do sistema em sobrecarga .....	82
7.2.2.3 - Situação de falha de energia durante uma utilização normal .....	85
7.2.3 - Teste de utilização com cenários aleatórios .....	88
<b>Capítulo 8.....</b>	<b>91</b>
Conclusão .....	91
<b>Referências.....</b>	<b>93</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>95</b>
A - Ficheiros XML.....	95
B- Dados de entrada sobre a utilização dos equipamentos .....	99
C- Log do simulador .....	100

# Lista de figuras

Figura 2.1 - Distribuição do consumo energético em Portugal [1].....	3
Figura 2.2 - Previsão da AIE do aumento do consumo doméstico efectuado pelos diversos aparelhos domésticos [3] .....	4
Figura 2.3 - Survey sobre a opinião e intenção de compra de veículos eléctricos [2].....	5
Figura 3.1 - Exemplo de Arquitectura Técnica de Referência para uma implementação de Redes Inteligentes de Energia[12].....	13
Figura 3.2 - Exemplo de Arquitectura da arquitectura do Sistema proposto por Changsu Suh e Young-Bae Ko[20].....	15
Figura 4.1 - Espectro utilizada pelo HomePlug AV .....	18
Figura 4.2 - Espectro do <i>HomePlug</i> AV OFDM. ....	19
Figura 4.3 - Esquema das frequências ocupados pelos canais.....	20
Figura 4.4 - Figura com algumas características e semelhanças entre a norma 802.11b e 802.11g .....	20
Figura 4.5 - Débito na camada física usando diferentes modulações e largura de canal[22] ..	22
Figura 4.6 - Comparação entre 802.11b e HomePlug 1.0 com diferentes distancias de transmissão [23].....	23
Figura 4.7 - Diferentes topologias para uma rede ZigBee.....	24
Figura 5.1 - Esquema da comunicação entre sensores/actuadores e o sistema. ....	31
Figura 5.2 - Esquema da comunicação entre o veículo e o Sistema.....	32
Figura 5.3 - Esquema da arquitectura do Sistema .....	33
Figura 6.1 - Exemplo do ficheiro XML de uma televisão .....	42
Figura 6.2 - Exemplo do ficheiro XML de uma Lâmpada sem capacidade de “dimming” .....	42
Figura 6.3 - Exemplo do ficheiro XML de uma Lâmpada com capacidade de “dimming” .....	43
Figura 6.4 - Exemplo do ficheiro XML de uma Máquinade Lavar Roupa (início) .....	44

Figura 6.5 - Exemplo do ficheiro XML de uma Máquinade Lavar Roupa (fim) .....	45
Figura 6.6 - Exemplo do ficheiro XML do Ar Condicionado .....	46
Figura 6.7 - Exemplo do ficheiro XML do Veículo Eléctrico .....	46
Figura 6.8 - Ficheiro de configuração Horário .....	48
Figura 6.9 -- Exemplo de horário.....	49
Figura 6.10 - Ficheiro de configuração Estado da casa .....	50
Figura 6.11 - Ficheiro de configuração das prioridades dos equipamentos controláveis.....	50
Figura 6.12 - Diagrama de processo de iniciação do algoritmo .....	52
Figura 6.13 - Gráfico de ocupação de carga.....	53
Figura 6.14 - Gráfico de ocupação de carga e com o escalonamento da actividade do equipamento ate encontrar potência suficiente durante o tempo de execução da tarefa. ....	54
Figura 6.15 - Gráfico de ocupação de carga e com o escalonamento da actividade do equipamento quando encontra um equipamento de prioridade mais baixa. ....	54
Figura 6.16 - Diagrama do escalonador .....	55
Figura 6.17 - Vector de redução de custos da iluminação. ....	56
Figura 6.18 - Gráfico da percentagem de consumo dos equipamentos em relação a prioridade .....	57
Figura 6.19 - Diagrama do escalonador .....	58
Figura 7.1 - Gráfico da potência consumida previsto pelo escalonador .....	69
Figura 7.2 - Gráfico com as cargas escalonadas de cada equipamento de acordo com as prioridades .....	70
Figura 7.3 - Gráfico com as cargas escalonadas de cada equipamento de acordo com as prioridades. ....	70
Figura 7.4 - Gráfico com a evolução do <i>buffer</i> e do valor poupado. ....	75
Figura 7.5 - Gráfico com a evolução do consumo medido, “buffer”, e Redução.....	76
Figura 7.6 - Gráfico com as percentagens calculadas pelo algoritmo que cada equipamento deve reduzir de forma a atingir o objectivo de gastos mensais. ....	77
Figura 7.7 - Gráfico com a evolução do consumo medido, “buffer”, e Redução.....	81
Figura 7.8 - Gráfico com as percentagens calculadas pelo algoritmo que cada equipamento deve reduzir de forma a atingir o objectivo de gastos mensais. ....	81
Figura 7.9 - Gráfico com a redução do consumo energético efectuado no ar condicionado ...	82
Figura 7.10 - Gráfico com a evolução do consumo medido, “buffer”, e Redução .....	83

Figura 7.11 - Gráfico com as percentagens calculadas pelo algoritmo que cada equipamento deve reduzir de forma a atingir o objectivo de gastos mensais. ....	83
Figura 7.12 - Gráfico com a redução de consumo definida efectuada pelo algoritmo para o ar condicionado. ....	84
Figura 7.13 - Gráfico com a redução de consumo definida efectuada pelo algoritmo para a iluminação ....	84
Figura 7.14 - Gráfico com a evolução do consumo medido, “buffer”, e Redução .....	88
Figura 7.15 - Gráfico com as percentagens calculadas pelo algoritmo que cada equipamento deve reduzir de forma a atingir o objectivo de gastos mensais. ....	89

## Lista de tabelas

Tabela 4.1 – Debito na camada física usando diferentes modulações em HomePlug 1.0. ....	18
Tabela 4.2 – Débito na camada física usando diferentes modulações em 802.11g.....	20
Tabela 4.3 – Principais vantagens e desvantagens do PLC e do Wireless. ....	23
Tabela 7.1 – Lista de equipamentos. ....	64
Tabela 7.2 – Horário da habitação. ....	65
Tabela 7.3 – Definições das Máquinas e Quilómetros médios do VE .....	65
Tabela 7.4 – Tarifário .....	66
Tabela 7.5 – Estimativa do consumo mensal .....	66
Tabela 7.6 – Horário da habitação. ....	67
Tabela 7.7 – Definições das Máquinas e Quilómetros médios do VE .....	67
Tabela 7.8 – Estimativa do consumo mensal .....	68
Tabela 7.9 – Lista de prioridades.....	69
Tabela 7.10 – Lista de equipamentos.....	71
Tabela 7.11 – Lista de prioridades .....	72
Tabela 7.12 – Redução da carga efectuada pelo algoritmo na iluminação .....	72
Tabela 7.13 – Redução da carga efectuada pelo algoritmo na climatização.....	73
Tabela 7.14 – Redução da carga efectuada pelo algoritmo na climatização e na iluminação.....	74
Tabela 7.15 – Lista de equipamentos.....	77
Tabela 7.16 – Horário da habitação.....	78
Tabela 7.17 – Definições das Máquinas e Quilómetros médios do VE.....	79

Tabela 7.18 – Tarifário .....	79
Tabela 7.19 – Consumo estimado pelo Sistema.....	80



# Abreviaturas e Símbolos

## Lista de abreviaturas

CER	Commission for Energy Regulation
ESB	Electricity Supply Board
PLC	Power Line Communication
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
DSL	Digital Subscriber Line
DBPSK	Differential Binary Phase Shift Keying
DQPSK	Differential Quadrature Phase Shift Keying
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
MIMO	Multiple Input Multiple Output



# Capítulo 1

## Introdução

A actual conjuntura política e económica, que devido a subida dos preços das energias fósseis e a possibilidade de as esgotar, tem dado origem a um conjunto de iniciativas de vários governos à escala mundial com vista a promover o desenvolvimento e adopção dos veículos eléctricos. No âmbito dessas iniciativas têm sido discutidos essencialmente dois modelos de negócio (compra ou aluguer da bateria), que têm um impacto significativo no dia-a-dia dos utilizadores. Quem compra a bateria não a poderá trocar por outra carregada nos locais próprios/licenciados para tal, sendo obrigado a carregá-la em sua casa, em locais onde esteja autorizado a fazê-lo (e.g., no local de trabalho) e nos locais próprios com licença para prestar o serviço de recarregamento. Quem aluga a bateria, para além das possibilidades disponíveis para quem compra, pode ainda optar pela troca da bateria descarregada por outra com carga, nos locais próprios, deixando assim a gestão da bateria descarregada entregue às entidades competentes. Com a introdução deste novo factor e a possibilidade de este entrar para o consumo energético da casa torna-se necessário a criação, torna-se necessário criar um sistema capaz de gerir o consumo deste equipamento assim como os restantes equipamentos da habitação de forma a reduzir os gastos mensais.

Neste documento começamos por fazer uma pequena introdução do trabalho e a sua motivação, seguidamente caracterizamos o problema nas suas várias vertentes - componente política/mercado, componente técnica, evolução, perspectivas.

Na parte seguinte são apresentadas algumas técnicas usadas e o estado da arte em gestão de consumo eléctrico e algumas tecnologias de suporte. No capítulo 5 é efectuada uma análise de requisitos para um sistema destes. No capítulo 6 é apresentado o desenvolvimento dos módulos que foram desenvolvidos para este sistema, no capítulo 7 estão expostos os testes efectuados ao sistema assim como a análise aos respectivos testes e no capítulo 8 são exibidas as conclusões e possíveis desenvolvimentos futuros para este trabalho desenvolvido.

### 1.1 - Objectivos

Os objectivos deste trabalho é desenvolver um sistema de recolha de dados de consumo energético doméstico, capaz de construir o padrão de consumo e gerir/escalonar cargas de consumo, incluindo diversos tipos de equipamento doméstico e a recarga das baterias de veículos eléctricos. Conhecendo o custo da energia em cada momento e o consumo de um conjunto de equipamentos, o sistema deverá ser capaz de gerir as cargas da habitação e respectivo fluxo de energia (consumida da rede ou das baterias de veículos eléctricos), tendo em conta questões económicas bem como configurações do utilizador relativamente aos equipamentos e aos veículos, tais como tempo que um dispositivo pode funcionar sem consumir energia (por exemplo, um frigorífico), o número médio de km percorrido diariamente com o carro, etc.

## Capítulo 2

# Caracterização do Problema

### 2.1 - Enquadramento Geral do Problema

É durante a sua vida útil - a fase em que são habitados - que os edifícios promovem a qualidade de vida das pessoas, na medida em que facilitam um conjunto de actividades importantes para o seu próprio bem-estar como o conforto ambiental, conservação e confecção de alimentos, entretenimento, etc. É igualmente durante a sua utilização que os edifícios consomem uma boa fracção da energia produzida, 16% da energia é consumida por edifícios residenciais em Portugal, os edifícios comerciais consomem 41% da energia produzida (30% na indústria e 11% em serviços), nos transportes e consumido 35% da energia e os restantes 8% tem uma utilização final desconhecida [1].

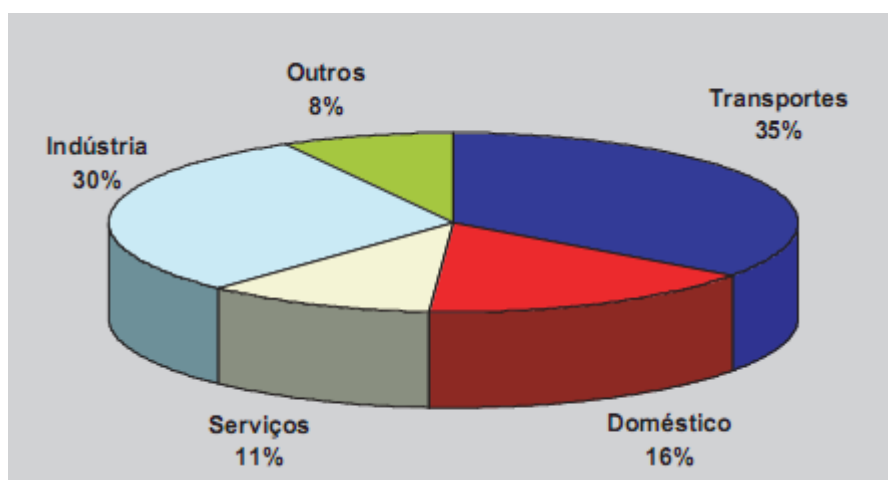
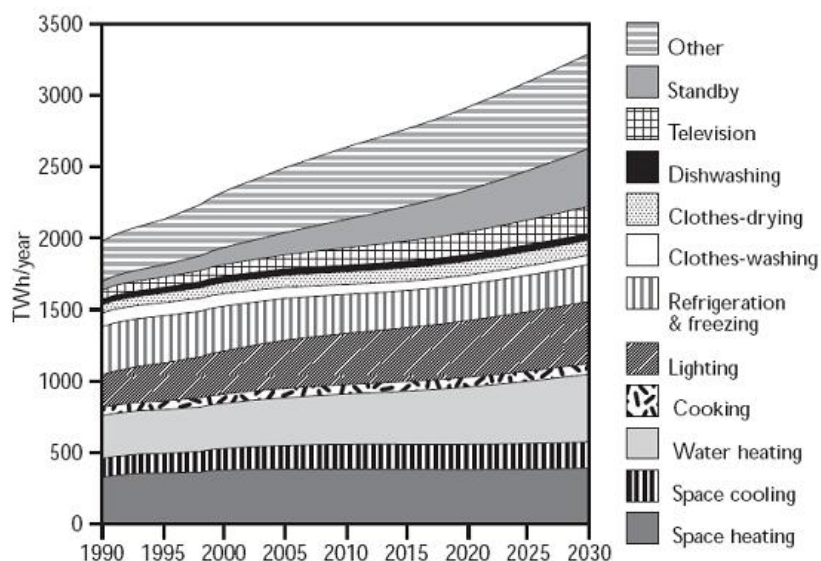


Figura 2.1 - Distribuição do consumo energético em Portugal [1]

Estima-se um crescimento anual na ordem dos 2%, a Agência Internacional de Energia (AIE) estima que, mesmo com a aplicação de todas as políticas e medidas para a redução do consumo e aumento da eficiência energética, o consumo eléctrico doméstico vai sofrer um crescimento na ordem dos 25% até 2020 na EU-25.[2]



**Figura 2.2** - Previsão da AIE do aumento do consumo doméstico efectuado pelos diversos aparelhos domésticos [3]

Uma das medidas adoptadas por vários países como forma de combater as alterações climáticas foi a assinatura do protocolo de Kyoto, que obriga em particular os Países da União Europeia a reduzir as emissões de CO<sub>2</sub>, pressionando assim os governos a procurar novas soluções. Os governos têm apoiado várias iniciativas, não só na tentativa de reduzir os custos em combustíveis fósseis, mas também para reduzir a emissão de gases poluentes e/ou com efeito de estufa, que hoje em dia são considerados um dos problemas mundiais mais graves em termos ecológicos e ambientais. Com este objectivo em mente, vários governos têm criado incentivos financeiros e fiscais para a compra de equipamentos e soluções para geração de energia a partir de fontes renováveis bem como para o aumento da eficiência energética. Um dos produtos mais recentes incluídos nessa lista de incentivos é o veículo eléctrico, já que estes não emitem qualquer tipo de gases poluentes no local onde circulam (poderá existir poluição na geração de energia usada para recarregar as baterias dos veículos eléctricos, no fabrico do veículos e respectivas baterias, etc.).

Para além destes incentivos existem ainda factores que estão a tornar o veículo eléctrico uma solução de transporte cada vez mais eficaz: a evolução das baterias (com capacidade crescente de armazenamento de energia, redução do tempo de carga, mais potência, etc.) e preços de venda cada vez mais competitivos comparativamente com o veículo a combustão - os custos por km percorrido são já muito inferiores.

O número de veículos eléctricos disponíveis no mercado tem vindo a aumentar, e estima-se que este crescimento tenha tendência para acelerar no futuro. A aposta neste mercado tem vindo a crescer e a opinião das pessoas de vários países Europeus relativamente à intenção de compra tem sido favorável como demonstra a Figura 2.2:

Survey Question	Germany % of Respondents	France % of Respondents	Italy % of Respondents	U.S./Canada % of Respondents
More likely to buy a hybrid or electric vehicle that is better than a fuel-only car in every way	74%	55%	46%	65%
Rate the fuel efficiency of a hybrid or electric car very good to excellent, but rate ride, performance, style and maintenance as good	59%	64%	45%	74%
More likely to buy a hybrid or electric vehicle in the next two years	29%	51%	62%	31%
More likely to purchase a hybrid in the next two years	67%	63%	71%	70%
More likely to buy an electric car in the next two years	17%	22%	19%	5%
Everyone should own a hybrid or electric car	21%	39%	57%	26%
Would pay nothing more for a hybrid or electric car compared to a fuel-only vehicle	45%	52%	46%	56%
Desire a payback time for a hybrid or electric car purchase to be five years or less	64%	83%	73%	82%
Assuming a hybrid or electric vehicle could run on an electric charge for 200 miles, want the driving distance between re-charging points to be every 11 to 50 miles	55%	44%	52%	20%
Want re-charging to take less than 20 minutes	72%	73%	69%	50%

**Figura 2.3** - Survey sobre a opinião e intenção de compra de veículos eléctricos [2]

Como se pode observar na figura 2.2 cerca de 42% dos inquiridos têm intenção de comprar um veículo eléctrico ou híbrido nos próximos 2 anos, mas dão preferência a um veículo Híbrido - acima dos 63%.

A maioria dos veículos puramente eléctricos em comercialização, neste momento, tem uma autonomia de cerca de 75km. Isto pode parecer muito pouco em comparação com valores entre 600 e 1000km nos veículos normais mas, na verdade, é mais do que suficiente para a maior parte dos percursos diários. Vários estudos feitos ao longo dos anos sobre mobilidade situam a distância média percorrida diariamente pelos portugueses nos 15km [4]. Isso quer dizer que o carro pode ter de ser carregado quase todos os dias, o que não é de todo um problema, desde que se tenha possibilidade para realizar o carregamento em casa.

Existem já vários veículos com autonomia acima dos 100km, o que já permite fazer viagens maiores, e não ter a necessidade de carregar todos os dias na maioria dos casos. Esses veículos que até há bem pouco tempo eram raros, começarão, previsivelmente, a entrar no mercado em inícios/meados de 2011 com autonomia acima dos 150km.

Com a introdução dos veículos eléctricos, os utilizadores serão responsáveis pelo carregamento regular das baterias do seu veículo e o principal local de carregamento tenderá a ser a casa dos mesmos e em alguns casos o próprio local de trabalho, se a empresa assim o permitir. Prevê-se também que o carregamento seja feito preferencialmente à noite, já que nesse período o carro deverá estar estacionado e é também durante este período que alguns dos tarifários energéticos oferecem um preço reduzido (em alguns casos cerca de 40% mais baratos que no horário normal). Isto leva a supor que o período nocturno seja o ideal para o carregamento. Nos casos em que exista mais que um carro eléctrico a necessitar de ser carregado é essencial coordenar os horários de carregamento dos mesmos de forma a não ultrapassar o limite de potência contratada para o local onde é feito o carregamento.

Com esta nova componente nos gastos energéticos domésticos, é necessário um sistema de gestão do consumo eléctrico capaz de coordenar e controlar de forma eficiente os

consumos, cargas, luminosidade e intensidade térmica dos diversos aparelhos utilizados em casa tendo em conta a existência de hábitos horários ou falta deles.

Este sistema de gestão permitirá ainda usar as baterias dos carros eléctricos como fonte de energia em casos de emergência (e.g., cortes energéticos) ou minimizar os consumos eléctricos da habitação quando a tarifa é mais elevada, tendo sempre em conta o tempo de vida da bateria que é fortemente influenciado pelos ciclos de descarga.

## **2.2 - Análise de requisitos**

Neste Capítulo será descrito os requisitos e características que o sistema devera apresentar de forma a satisfazer os objectivos da proposta.

### **2.2.1 - Recolha de dados sobre o consumo**

Para ser possível tomar decisões sobre as medidas a tomar de forma a tornar mais eficiente o consumo energético doméstico, é imperioso ter conhecimento do número de equipamentos que a habitação contém, potencia e consumo médio de cada equipamento e a utilização média que o utilizador faz dos mesmos.

### **2.2.2 - Comunicação**

Os serviços de comunicação são fundamentais para o funcionamento do sistema de gestão do consumo energético. Os sensores e actuadores/controladores tem necessidade de comunicar através de uma rede com ou sem fios. No caso de uma rede sem fios poderão ser usadas diversas tecnologias, o Wireless IEEE 802.11 ou o ZigBee (bastante interessante já que é a tecnologia ideal para uma rede de sensores). No caso de uma rede cablada o HomePlug surge como a opção mais viável. Um outro aspecto importante no sistema de comunicações é a arquitectura.

### **2.2.3 - Controlo de equipamentos**

São necessários aparelhos que permitam controlar os electrodomésticos, a iluminação, a climatização, etc. Estes aparelhos devem ser capazes de receber as indicações do sistema de gestão e executar as mesmas de forma correcta. Devem também ser capazes de comunicar através de uma rede sem fios ou cablada com o sistema “inteligente” ou entre sensores.



### **2.2.4 - Inteligência**

O sistema inteligente será o responsável por tomar todas as decisões sobre o funcionamento ou não de cada equipamento da casa com base do perfil do utilizador. Com os dados que foram recolhidos pelo sistema e com base no perfil de cada utilizador o sistema terá que ser capaz de gerar um consumo previsto da casa e o melhor horário de funcionamento de cada equipamento, deverá ter em atenção a carga que esta a ser utilizada pela casa de forma a não ultrapassar o limite de potência contratada. O sistema devera também ser capaz de em situações de emergência como falhas de energia na rede eléctrica ser capaz de recorrer as baterias de um veículo eléctrico e manter em funcionamento os equipamentos que sejam prioritários para o utilizador.



## Capítulo 3

### Estado de arte

Este capítulo apresenta uma revisão do estado de arte em gestão do consumo eléctrico em ambiente doméstico e veículos eléctricos. São ainda apresentados alguns métodos e tecnologias disponíveis no mercado passíveis de utilização/integração em novas soluções para aplicação neste contexto.

#### 3.1 - *Smart Metering*

Um *smart meter* [5][6][7][8][9] (será utilizada a expressão inglesa á falta de uma expressão portuguesa firmemente adoptada e de uso generalizado, a expressão inglesa tem a vantagem de ser simples e facilmente compreendida) é um medidor avançado - geralmente um medidor eléctrico(também pode ser um medidor de gás ou água) - que identifica o consumo energético com um detalhe mais elevado do que o medidor convencional para além de suportar funcionalidades adicionais. Este aparelho comunica os dados recolhidos geralmente através de uma rede disponível (que pode contemplar diferentes tecnologias) à *utility* e/ou utilizador de forma a permitir facturar e/ou monitorizar o consumo efectuado.

Existem vários tipos de medidores que efectuem medidas em intervalos de tempo específicos, mas os chamados *smart meters* têm outras capacidades avançadas como por exemplo a utilização de sensores que permitem a detecção e alerta em tempo real de falha de energia para além de permitirem medições precisas da quantidade de energia consumida ao longo do tempo.

Os contadores inteligentes são uma alternativa aos medidores tradicionais e destinam-se a ser utilizados em larga escala, com todas as classes de clientes, incluindo clientes residenciais. Os *smart meters* podem fazer parte de uma rede inteligente, mas isolados não

constituem uma rede inteligente. Foram instalados na Europa no final de 2008 cerca de 39 milhões de unidades, de acordo com a empresa analista *Berg Insight*[10].

### 3.1.1 - Funções do *Smart Metering*

Os *smart meters* possuem uma variedade de novas funções suportadas através de medidores electrónicos e redes de comunicação, tendo vindo a ser instalados em diversos países na Europa. Oferecem benefícios para utilizadores através de um melhor funcionamento e redução de custos, nomeadamente:

- Realizam medições em tempo real ou em intervalos de tempo curtos da energia consumida ou da energia gerada ou fornecida por equipamentos locais, como por exemplo painéis solares ou baterias;
- Possibilitam medições do consumo energético tanto local como remotamente;
- Permitem controlar e/ou limitar a carga que passa pelo medidor e em casos extremos cortar o fornecimento energético ao consumidor;
- Permitem interligação entre redes já existentes ou aparelhos.

### 3.1.2 - Principais benefícios

O conceito de *smart metering* foi desenvolvido com o objectivo de proteger os interesses dos clientes mas principalmente das entidades fornecedores de energia, ou seja, a taxação correcta do consumo bem com um possível controlo sobre as despesas energéticas; isto leva a uma maior concorrência na geração e fornecimento de energia, e consequentemente uma possível regulação das tarifas para valores mais adequados. Do ponto de vista do cliente os benefícios financeiros por exemplo, a redução da factura eléctrica mensal são a principal motivação. Uma maior transparência dos gastos totais e diários permitem que o cliente tenha uma melhor percepção do seu consumo energético e possa até alterar hábitos de forma a reduzir os seus gastos. Opções de pré-pagamento tornam-se viáveis já que o utilizador tem acesso em tempo real ao consumo que está a efectuar; é possível conhecer o “saldo” disponível, e até previsões de fim desse “saldo”. Os clientes que tenham possibilidade de gerar energia podem obter um controlo preciso da energia que possam vender a rede eléctrica.

O *smart metering* também garante que todos os pedidos energéticos dos clientes dentro da energia contratada são cumpridos com rigor. No lado do fornecedor os principais

benefícios passam pela leitura do medidor remotamente, bem como o corte do fornecimento de energia ou o restabelecimento do mesmo.

### 3.1.3 - Necessidade do mercado

Com a actual conjuntura mundial em que os recursos energéticos fósseis são cada vez mais escassos e consequentemente, mais caros existe a necessidade de efectuar uma gestão eficiente do consumo energético, e ao mesmo tempo melhorar a confiança dos utilizadores ao anular possíveis “roubos” que existam nas contas energéticas. A redução da procura de energia nos picos de utilização é também um dos principais objectivos do mercado energético. Com o uso de *smart meter*, o sistema de medição torna-se mais autónomo e consequentemente é atingida uma redução nos custos de operação que é uma das principais necessidades das *utilities*. Novas tarifas podem ser aplicadas com este método de medição, a taxaçoão pode ser efectuada com base em horários predefinidos (e.g., horário de ponta, horário de cheias, horário de vazio, ou em tempo real), a tarifa é actualizada em intervalos de tempo regulares para o actual preço da energia.

### 3.1.4 - Implementações do *Smart Metering*

#### 3.1.4.1 - Irlanda/CER

A CER (*Commission for Energy Regulation*) em colaboração com a ESB (*Electricity Supply Board*) e outros interessados implementaram um projecto de *smart metering* com o objectivo de ser um projecto de gestão de consumo a tempo inteiro. Na primeira fase do projecto foram instalados 25.000 medidores em diferentes casas. A finalidade era permitir à indústria implementar um programa de instalação do *smart metering*. Nesta implementação foi definido um conjunto de requisitos para os medidores:

- Capacidade de gravar, registar e armazenar dados em intervalos de tempo incluindo a importação e exportação;
- Um comutador remotamente controlável;
- Capacidade de registo de eventos como a restauração ou perda de abastecimento;
- Capacidade de comunicação, com base em normas abertas, com uma unidade de visualização remota em casa ou outros aparelhos domésticos;
- Configuração remota;
- *Plug and play*;
- Actualização fácil.

### 3.2 - *Smart Grids*

Nos últimos 100 anos, a tecnologia de distribuição, as redes eléctricas e a medição do consumo de electricidade pouco mudaram.

A forma como a distribuição de energia é feita actualmente é pouco evoluída, a dependência de uma única fonte geradora é elevada e caso ela falhe, toda a rede fica sem abastecimento. O símbolo disso é o medidor de consumo encontrado nas habitações, um equipamento electromecânico, analógico, que depende da consulta mensal de uma pessoa que tem que passar nas diversas residências para a recolha dos dados do consumo eléctrico. A probabilidade de erros na consulta e recolha de dados por parte de uma pessoa é relativamente elevada.

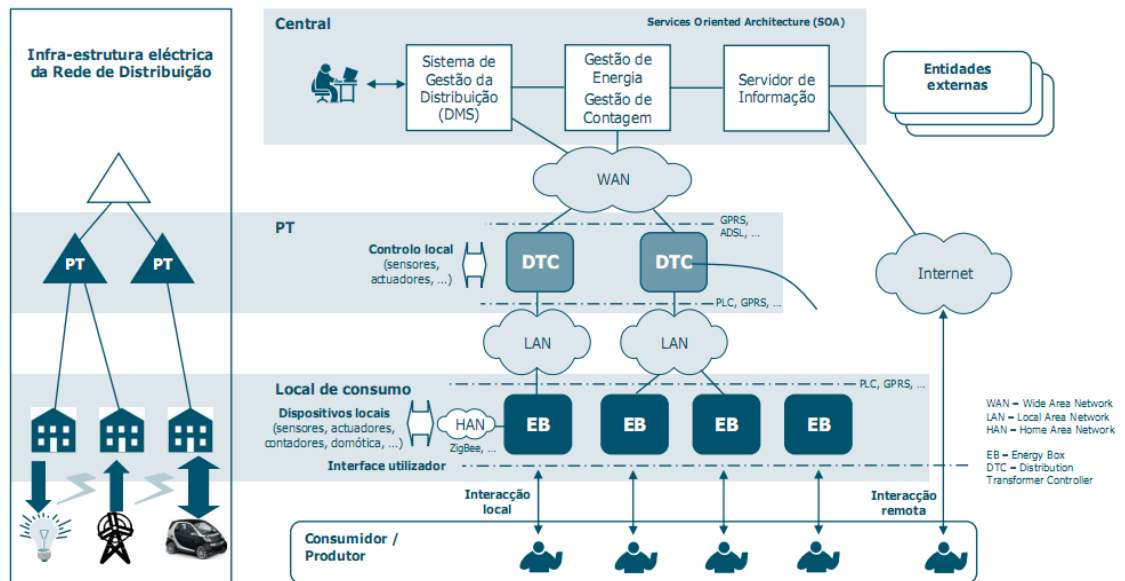
A lógica das *smart grids* [11][12] está numa palavra: inteligência. Isso quer dizer que as novas redes serão automatizadas com medidores de qualidade e de consumo de energia em tempo real. Os tradicionais medidores serão substituídos por uma nova geração de leitores, equipados com sensores ligados à Internet pela própria rede eléctrica - PLC (*Power Line Communication*) - ou por ligações convencionais com fios (ADSL, cabo coaxial, fibra óptica, etc.) ou por ligações sem fios (*wireless*). Esses equipamentos podem transmitir os dados do consumo automaticamente para o fornecedor eléctrico.

As *smart grids* gerem o fornecimento de electricidade da *utility* para os consumidores e podem utilizar sistemas de comunicação bidireccionais para controlar aparelhos nas casas dos consumidores de forma a economizar energia, reduzir custo, aumentar a fiabilidade e transparência. É assim “sobreposta” uma rede de informação e de medição sobre a rede de distribuição de electricidade.

Este novo paradigma tem como objectivo uma abordagem centrada nos consumidores, proporcionar novos serviços de valor acrescentado, novos planos de preços, bidireccionalidade na interacção dos consumidores com a rede. A liberalização dos mercados introduz concorrência e flexibilidade nas tarifas, novos produtos e serviços, modulação da procura suavizando picos de consumo, contribuindo para o alinhamento entre a oferta e a procura de energia.

Uma das novidades nesta nova rede de energia é o conceito de consumidor/produtor; residências, equipadas com painéis solares, ou outra fonte de captação de energia, podem vender à rede eléctrica a energia gerada e não utilizada localmente.

A figura seguinte demonstra um exemplo possível de uma arquitectura de uma *smart grid*.



**Figura 3.1** - Exemplo de Arquitetura Técnica de Referência para uma implementação de Redes Inteligentes de Energia[12]

### 3.3 - Domótica

A Domótica [14] é uma área de mercado em que uma das primeiras metas para uma "casa inteligente" foi o controlo, especialmente das Iluminação e aquecimento.

Um cenário típico do controlo da iluminação de casa é em qualquer divisão em que o utilizador da casa se encontre e onde existam sensores de movimento o sistema reconhece se o quarto está ocupado. Quando os sensores determinarem que a sala está vazia, as luzes serão desligadas. Outro uso é para certificar que todas as luzes são desligadas sempre que o sistema de segurança é armado. Além disso, o controlo da casa pode ajudar a economizar através da configuração do termostato dos dispositivos de climatização de forma a não desperdiçar energia. Existem três princípios na aplicação da domótica - conveniência, segurança e economia. Aqui estão alguns exemplos de controlo em cada uma dessas categorias:

## Conveniência

- Controlar todas as luzes e aparelhos da casa remotamente.
- Capacidade de fazer *dimming*.
- Controlar automaticamente estores e cortinas.
- Temporizar a utilização de aspersores, cilindros, ventiladores, humidificadores, climatizadores (aquecimento / ar condicionado), sistemas de segurança, fechaduras, aquecedores, sistemas de rega de plantas de interior, iluminação exterior, luzes de segurança, iluminação, etc.
- Desligar a televisão das crianças em horários específicos em cada noite.

- Verifica que as portas para se encontram fechadas.
- Desligar remotamente qualquer equipamento que ficou em funcionamento de forma “esquecida”.

#### Segurança

- Ligar automaticamente as luzes nocturnas na habitação para aumentar a segurança.
- Modo de férias / segurança faz com que a casa aparente estar ocupada através das luzes e/ou sons.
- Sempre que a porta da garagem for aberta de noite, várias luzes da habitação acendem-se, a porta da garagem pode fechar automaticamente quando o utilizador deixar a habitação.
- Ligar uma luz de aviso quando a porta da garagem estiver a fechar.
- Fechar automaticamente a porta da garagem em horário nocturno.
- Possibilidade de ligar todas as luzes se o utilizador ouvir algum ruído suspeito.

#### Economia

- Carregar baterias de veículos eléctricos, ou utilização de electrodomésticos como as máquinas de lavar e secar roupa e lavar loiça em horários em que a tarifa é mais baixa.
- Em modo de férias, são desligados todos os equipamentos que estariam em funcionamento em dias normais com o cilindro ou o ar condicionado.
- Desligar automaticamente as luzes da casa se a divisão se encontrar desocupada

### 3.1.1 - Implementação de Domótica baseada em ZigBee

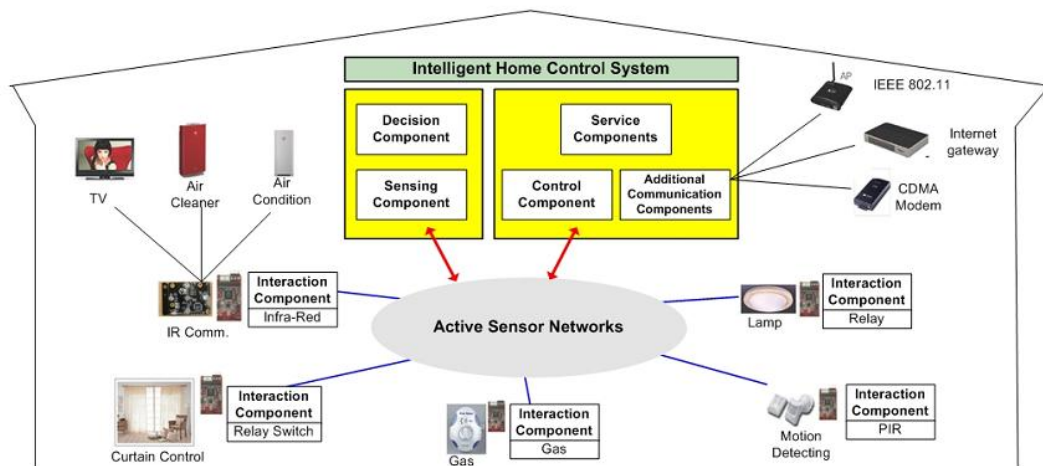
Esta tecnologia inovadora que utiliza diversos aparelhos como sensores, actuadores, e tecnologias de comunicação, como o PLC, WiFi ou ZigBee.

Nesta secção, foi feito um breve levantamento de alguns trabalhos existentes para sistemas de Domótica as suas principais contribuições. Alguns trabalhos são centrados em como tomar as decisões para a rede da casa com mais eficiência. Por exemplo, o Projeto MavHome [15], em que o principal objectivo era o desenvolvimento algoritmos de previsão inteligentes, baseada nas acções do utilizador de forma a adaptar a utilização de alguns equipamentos. O projeto Aware Home [16] é responsável pela detecção dos utilizadores da localização dos moradores e reconhecimento das suas actividades dentro de uma casa, utilizando sensores de áudio e vídeo.



O esforço de investigação para fornecer mais convenientemente a localização do utilizador e serviços inteligentes para ambientes domésticos também têm sido realizados. Sival et al. [17] utiliza sensores no chão da habitação baseados na pressão, vídeo e áudio. Quando um sensor de pressão no chão detecta o movimento da pessoa, a informação é analisada através dos dados de vídeo e áudio. Mori et al [18] sugere uma sala equipada com câmaras, vários sensores e RFID para registar o comportamento natural diário de uma pessoa. Yamazaki [19] construiu uma casa equipada com várias câmaras, microfones, RFID e sensores para registar o comportamento diário dos habitantes. O autor sugeriu uma nova base de dados e sistemas de *middleware* e de comunicação para a gestão da casa.

O sistema proposto por Changsu Suh e Young-Bae Ko [20] é baseado numa rede de sensores e actuadores e pode controlar os dispositivos da casa como lâmpadas, válvulas de gás, cortinas, televisores e aparelhos de ar condicionado. A figura seguinte representa a arquitectura proposta por Changsu Suh e Young-Bae Ko.



**Figura 3.2** - Exemplo de Arquitectura da arquitectura do Sistema proposto por Changsu Suh e Young-Bae Ko[20].

O sistema também interage com diversos dispositivos móveis, como PDA ou telemóveis, de acordo com as normas IEEE 802.11 e 802.3. O sistema de controlo inteligente é baseado em 6 componentes.

- Componente de serviços: representa a automação de serviços domésticos pelo sistema.
- Componente de decisão: analisa o ambiente da habitação através da rede de sensores, e selecciona os serviços necessários.
- Componente de análise: reúne os dados dos sensores e informações de eventos especiais. Esta componente fornece essa informação à componente de decisão. A componente de decisão selecciona os serviços domésticos correctamente com base no estado actual de residência.

- Componente de controlo: emite comandos especiais para os actuadores, como interruptores. Estes fornecem métodos de controlo a diversos equipamentos da casa, tais como lâmpadas, televisores e aparelhos de ar condicionado.
- Componente de interacção: trata da interacção com o sistema de controlo (ou seja, a componente de controlo e a rede de sensores implantados numa casa).
- Componentes adicionais de comunicação: responsáveis pela gestão de algumas tecnologias comunicação, tais como WLAN, Ethernet, RFID e CDMA.

## Capítulo 4

# Tecnologias de suporte/ferramentas que possam ser usadas

Neste capítulo são abordadas e discutidas algumas das tecnologias e ferramentas tipicamente utilizadas em sistemas de domótica ou que podem servir de suporte ao desenvolvimento de novas soluções neste domínio.

### 4.1 - PLC

Esta tecnologia baseia-se na utilização da rede eléctrica para transmissão de dados, vídeo e voz. Através dela é possível partilhar uma rede de área local ou uma ligação à Internet, com a instalação de unidades específicas ligadas nas tomadas de energia. A tecnologia PLC possibilita a transmissão de sinais de dados em sistemas de cabos eléctricos, através da sobreposição ao fornecimento normal de energia (efectuado a 50 Hz) de sinais de mais alta frequência a partir de 3 kHz e até cerca de 30 MHz, consoante a aplicação. A tecnologia PLC tem vindo assim a ser desenvolvida para permitir o aproveitamento suplementar de uma rede de distribuição de energia eléctrica para prestação de serviços de comunicações. Um acoplador integrado nos pontos de entrada PLC elimina os componentes de baixa frequência (50 Hz) antes de o sinal ser tratado.

#### 4.1.1 - *Homeplug 1.0*

O *HomePlug 1.0* [15], lançado em Novembro de 2001, foi a primeira especificação desta família, com o objectivo de suportar comunicação entre dispositivos domésticos através das linhas eléctricas de um edifício.

A técnica de modulação utilizada pelo *HomePlug 1.0* é *Orthogonal Frequency Division Multi-plexing* (OFDM) que é também usada na tecnologia de acesso em pares de cobre *Digital Subscriber Line* (DSL). O OFDM usado pelo *HomePlug 1.0* é utilizado em ambientes de rede eléctrica, em que são utilizadas 84 portadoras entre 4.5MHz e 21MHz com modulação DBPSK (*Differential Binary Phase Shift Keying*) e DQPSK (*Differential Quadrature Phase Shift Keying*). A tabela seguinte apresenta os vários débitos na camada física utilizado modulações diferentes.

Tabela 4.1 – Debito na camada física usando diferentes modulações em HomePlug 1.0.

	Modulação	Debito na camada física (Mbps)
DQPSK 3/4	DQPSK	13.78
DQPSK 1/2	DQPSK	9.19
DBPSK 1/4	DBPSK	4.59
ROBO	DBPSK	1.02

Nesta tabela podemos observar os vários débitos em *Homeplug 1.0* utilizando diferentes modulações; a que permite um maior débito é a DQPSK  $\frac{3}{4}$  com um débito médio de 13.78Mbps. Existem também adaptadores *HomePlug 1.0* com “Turbo” que ainda podem ser encontrados no mercado que apresentam um modo mais rápido que aumenta o débito máximo na camada física para 85 Mbps.

#### 4.1.2 - Homeplug AV

*HomePlug AV* [16][17] é baseado nos mesmos princípios de funcionamento do *HomePlug 1.0*. Esta tecnologia, lançada em Dezembro de 2005, oferece fiabilidade e acesso instantâneo a partir de qualquer local da casa, incluindo o acesso à Internet em “toda a casa” ou mesmo serviços como o IPTV. Esta nova tecnologia inaugura uma nova era de elevado desempenho de rede doméstica que é usada para troca de dados, voz e vídeo para todas as divisões da casa do utilizador.

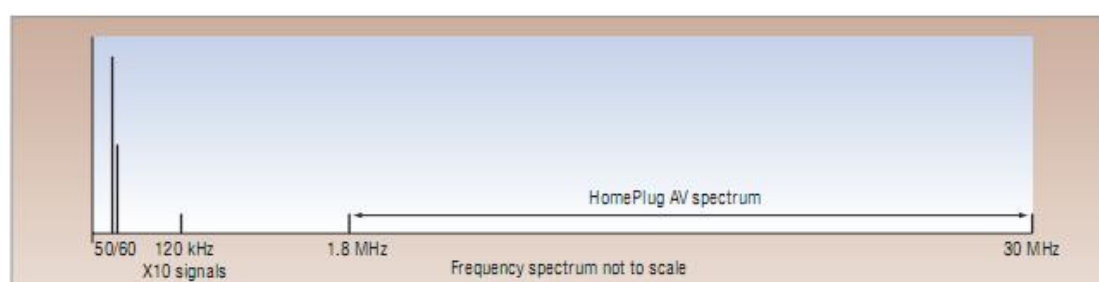


Figura 4.1 - Espectro utilizada pelo HomePlug AV

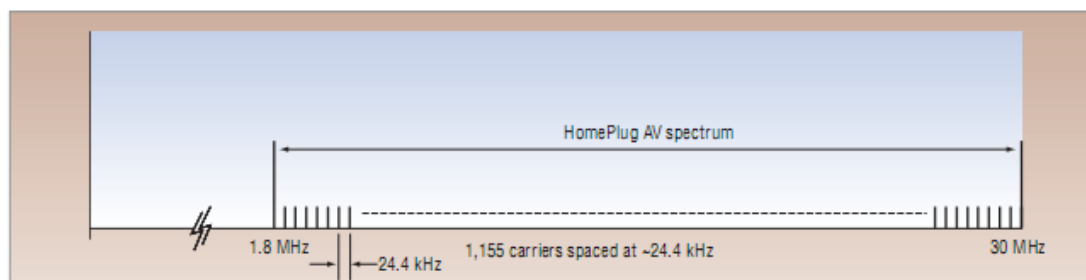


Figura 4.2 - Espectro do HomePlug AV OFDM.

Como se observa na Figura 4.2, o espectro contém 1155 portadoras espaçadas de 24.4kHz. No HomePlug AV a técnica de transmissão adoptada é OFDM que utiliza frequências desde 1.8MHz até 30MHz com 1115 portadoras espaçadas de 24.4kHz. Dependendo das condições do canal, as portadoras podem ser moduladas com BPSK, QPSK, 8-QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*), 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM ou 1024-QAM, sendo que o débito máximo de 200Mbps é atingido usando 1024-QAM.

## 4.2 - Tecnologias *Wireless*

As redes sem fios (*wireless*) possibilitam uma maior mobilidade aos dispositivos equipados com interfaces de comunicação deste tipo e que podem ser baseadas em diferentes tecnologias. Para se ter acesso à Internet ou outro tipo de ligação para transferência de dados, por exemplo através de uma rede WiFi ou UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) basta estar dentro do raio de acção da célula ou área de abrangência do ponto de acesso/estação - normalmente conhecido por AP (*Access Point*) no caso do WiFi e Estação Base (*Base Station*) no caso UMTS- onde opere uma rede sem fios e usar dispositivo móvel, como computador portátil, telemóvel ou PDA com capacidade de comunicação sem fios.

### 4.1.1 - IEEE 802.11a

A norma 802.11a [18] define operação na gama de 5 GHz, em contraste com 802.11b e 802.11g, que utilizam a faixa dos 2.4 GHz.

A faixa dos 5 GHz é mais "limpa" pois não existe tanta interferência com outros dispositivos de comunicação sem fios, como o *Bluetooth*, o que pode, em casos extremos, diminuir a velocidade da transmissão. Como a frequência do IEEE 802.11a é maior do que a utilizada na norma IEEE 802.11b, o débito é mais elevado atingindo os 54Mbps. A utilização

de altas frequências por esta norma acaba por ter um impacto negativo no alcance do sinal e aumenta a probabilidade de ser obstruído.

### 4.1.2 - IEEE 802.11b

O 802.11b [18][19] define operação na gama de 2.4 GHz e permite um débito máximo teórico de 11 Mbps. Contudo, devido à sobrecarga do protocolo CSMA / CA, na prática a taxa de transferência máxima que uma aplicação pode alcançar com esta tecnologia é de cerca de 5.9Mbps.

O alcance médio de uma rede deste tipo no interior de uma habitação é de 30m. São disponibilizados 11 canais para transmissão de dados (ou 13 em alguns países dependendo da legislação) mas como podemos observar na figura seguinte, apenas os canais 1, 6 e 11 são utilizados para não haver sobreposição de canais.

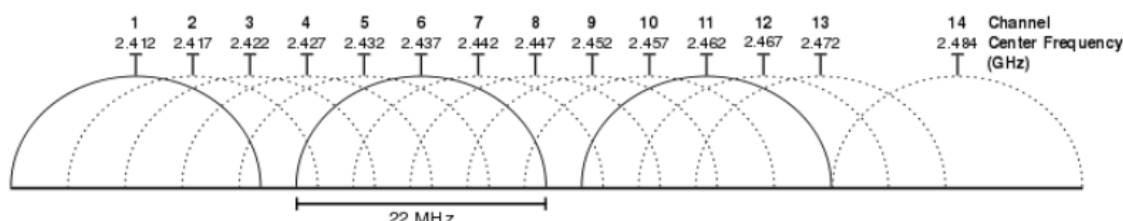


Figura 4.3 - Esquema das frequências ocupados pelos canais

Esta é uma tecnologia praticamente em desuso, tendo servido como base para as novas tecnologias sem fios como a 802.11g e 802.11n.

### 4.1.3 - IEEE 802.11g

A norma 802.11g [18][19] é a mais utilizada em Wireless LAN nos dias de hoje, e tal como acontece com o 802.11b, define operação na banda de 2.4 GHz mas com um débito máximo de 54Mbps. Esta tecnologia é totalmente compatível com a anterior - 802.11b - já que o cabeçalho das tramas utilizadas para a comunicação contempla versões anteriores; este facto torna os cabeçalhos maiores o que provoca uma diminuição do débito útil para os 20-30Mbps.

FEATURE	802.11b	802.11g
Operating Frequency	2.4Ghz	2.4Ghz
Transfer Rate - Theoretical	1, 2, 5.5 and 11 mbps	54mbps
Transfer Rate -	4mbps	20-30mbps

Figura 4.4 - Figura com algumas características e semelhanças entre a norma 802.11b e 802.11g

Tabela 4.2 – Débito na camada física usando diferentes modulações em 802.11g.

Data rate (Mbps)	Modulation	Coding Rate	Coded bits per sub-carrier	Coded bits per OFDM symbol	Data bits per OFDM symbol
6	BPSK	1/2	1	48	24
9	BPSK	3/4	1	48	36
12	QPSK	1/2	2	96	48
18	QPSK	3/4	2	96	72
24	16-QAM	1/2	4	192	96
36	16-QAM	3/4	4	192	144
48	64-QAM	2/3	6	288	192
54	64-QAM	3/4	6	288	216

O esquema de modulação utilizado em 802.11g é OFDM com taxas de transmissão de dados de 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 e 54 Mbps; consegue maiores débitos por utilizar modulações 16-QAM e 64-QAM, tal como 802.11a.

#### 4.1.4 - IEEE 802.11n

Esta norma IEEE 802.11n [20][21] foi lançada em 2009 e apresenta melhorias ao nível da camada física e da camada MAC. Esta norma suporta débitos mais elevados, uma maior área de cobertura e é compatível com as normas IEEE 802.11 anteriores. A adopção de *Multiple Input Multiple Output* (MIMO), juntamente com OFDM (MIMO-OFDM) e a duplicação da largura do canal (de 20 para 40 MHz) ajuda a elevar o débito desta tecnologia até aos 600Mbps.

MCS Index	Type	Coding Rate	Spatial Streams	Data Rate (Mbps) with 20 MHz CH		Data Rate (Mbps) with 40 MHz CH	
				800 ns	400 ns (SGI)	800 ns	400 ns (SGI)
0	BPSK	1 / 2	1	6.50	7.20	13.50	15.00
1	QPSK	1 / 2	1	13.00	14.40	27.00	30.00
2	QPSK	3 / 4	1	19.50	21.70	40.50	45.00
3	16-QAM	1 / 2	1	26.00	28.90	54.00	60.00
4	16-QAM	3 / 4	1	39.00	43.30	81.00	90.00
5	64-QAM	2 / 3	1	52.00	57.80	108.00	120.00
6	64-QAM	3 / 4	1	58.50	65.00	121.50	135.00
7	64-QAM	5 / 6	1	65.00	72.20	135.00	150.00
8	BPSK	1 / 2	2	13.00	14.40	27.00	30.00
9	QPSK	1 / 2	2	26.00	28.90	54.00	60.00
10	QPSK	3 / 4	2	39.00	43.30	81.00	90.00
11	16-QAM	1 / 2	2	52.00	57.80	108.00	120.00
12	16-QAM	3 / 4	2	78.00	86.70	162.00	180.00
13	64-QAM	2 / 3	2	104.00	115.60	216.00	240.00
14	64-QAM	3 / 4	2	117.00	130.00	243.00	270.00
15	64-QAM	5 / 6	2	130.00	144.40	270.00	300.00
16	BPSK	1 / 2	3	19.50	21.70	40.50	45.00
...	...	...	...	...	...	...	...
31	64-QAM	5 / 6	4	260.00	288.90	540.00	600.00

Figura 4.5 - Débito na camada física usando diferentes modulações e largura de canal[22]

Esta figura indica os vários débitos possíveis usando diversas modulações e canais. É necessário um AP com compatibilidade de 2 canais para o seu funcionamento e podem ser usados até 4 canais espaciais. A área de cobertura permitida por esta norma é de 70 metros dentro de edifícios e até 250m em terreno aberto.

### 4.3 - Comparação entre PLC e Wireless

Nesta parte do trabalho será feita uma comparação entre o *HomePlug* 1.0 e a norma IEEE 802.11g. A Tabela 4.3 mostra as principais vantagens e desvantagens de cada uma.



Tabela 4.3 – Principais vantagens e desvantagens do PLC e do Wireless.

Tecnologia	Velocidade (máxima)	Vantagens	Desvantagens
PLC	Até 200 Mbps (HomePlug AV)	Cobertura mais elevada Verdadeira capacidade plug-and-play Segurança do meio físico Sinal estável e forte independentemente de obstáculos	Interferência de equipamentos na rede eléctrica Falta de mobilidade
WIRELESS	Até 54 Mbps (802.11g)	Excelente mobilidade Baixo custo de implementação	Os obstáculos e distância física degradam o sinal. Espectro limitado para comunicação Frac segurança - grande área comum onde os utilizadores podem ter acesso a redes e contas de outros utilizadores

Transmitter Location	Receiver Location	Tx to Rx Distance	802.11b T'put (Mbps)		Powerline T'put (Mbps)	
			WSFTP	TTCP	WSFTP	TTCP
Laptop-1	Laptop-2	2 ft	3.2	4.9	4.2	5.2
Study Room	Dinning Room	23	3.6	4.7	4.5	5.3
Home Office	Kitchen	~35	2.5	4.1	4.0	4.5
Kitchen	Home Office	~35	2.4	1.6	3.1	3.1
Bedroom C	Home Office	~70	No Conn.	No Conn.	1.9	1.8
Home Office	Bedroom C	~70	No Conn.	No Conn.	4.1	3.9
Pool Area	Home Office	~60	No Conn.	No Conn.	2.0	1.6
Home Office	Pool Area	~60	No Conn.	No Conn.	2.4	2.8

Figura 4.6 - Comparação entre 802.11b e HomePlug 1.0 com diferentes distancias de transmissão [23]

Como se pode observar na figura 4.6, em sistemas *sem fios* perde-se a comunicação a partir de 18 metros de distância ao AP enquanto o HomePlug continua a funcionar com um débito razoável; isto deve-se ao facto de existirem obstáculos físicos (paredes) que impedem a propagação do sinal em sistemas *wireless*. Os sistemas *wireless* têm como principal vantagem a mobilidade, é possível viajar livremente dentro de casa (desde que na área de cobertura) sem qualquer restrição, o que não acontece no PLC, em que é necessário ter uma ligação eléctrica na proximidade.

## 4.4 - Protocolo de comunicação ZigBee

ZigBee [24][25] é um standard para redes em malha sem fios, caracterizando-se pelo baixo custo e reduzida necessidade energética. Primeiro, o baixo custo permite que a tecnologia seja amplamente implantada para efectuar controlo sem fios e aplicações de monitorização. Por outro lado, o baixo consumo de energia permite aumentar a vida dos sistemas baseados nesta tecnologia, com baterias menores. Para além disso, a criação de redes em malha oferece uma fiabilidade elevada e uma área de cobertura mais extensa.

Os protocolos ZigBee são usados em aplicações que requerem débitos de dados moderados e baixo consumo de energia. O propósito geral destes sistemas é, sobretudo o baixo custo, a auto-organização da rede de malha que pode ser usada para o controlo, recolha de dados, automação, etc. A rede resultante usa uma quantidade muito pequena de energia - dispositivos individuais devem ter uma autonomia de pelo menos dois anos para passar a certificação ZigBee.

O acesso ao meio é definido na norma IEEE 802.15.4. Ao nível físico destacam-se duas características importantes:

- Operação em três frequências distintas:
  - 2.4 GHz e débito de 250 kbit/s (uso global, modulação O-QPSK)
  - 915 MHz e débito de 40 kbit/s (América e Austrália, modulação BPSK)
  - 868 MHz com débito de 20 kbit/s (Europa, modulação BPSK)
- Alcance máximo de 150 metros

Estas duas características (frequências de operação e alcance) tornam-no ideal para sistemas de monitorização e recolha de dados como é o caso dos sistemas de automação doméstica, segurança, controlo de iluminação e de acessos, etc.

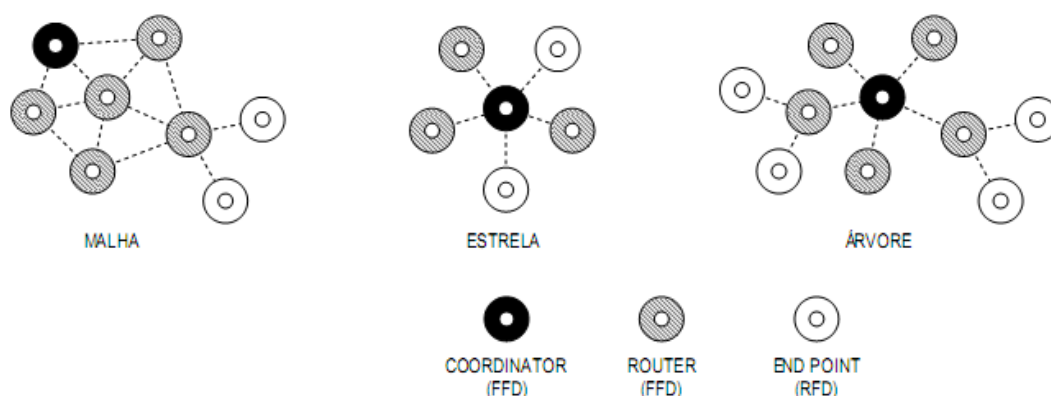


Figura 4.7 - Diferentes topologias para uma rede ZigBee.

Cada nó, numa rede ZigBee, pode desempenhar as seguintes funções:

#### *ZigBee Coordinator*

- Apenas é necessário um por cada rede Zigbee
- Responsável pela formação da rede Zigbee
- Funciona como um *router* assim que a rede é formada

#### *Zigbee Router*

- Necessário para aumentar o alcance da rede
- Descobre e associa-se com o *Coordinator* e os *End Devices*
- Faz a gestão dos endereços locais (atribuição)

#### *Zigbee End Device*

- Descobre e associa-se a um *Router* ou *Coordinator*
- É ligado através de Zigbee ao servidor
- Podem ser sensores de:
  - Luminosidade
  - Temperatura
  - Humidade
  - Movimento

Referem-se, de seguida, algumas das principais características do ZigBee.

- Permite um máximo de 65535 nós por coordenador
- Latência de 30 ms com possibilidade de garantir *time slots* para aplicações de baixa latência
- Norma 802.15.1
- Débito: 250 kbit/s
- Duração das baterias: 1000 dias
- Alcance: 100m

O ZigBee é apropriado para aplicações que envolvam dispositivos remotos alimentados por baterias, nomeadamente sensores e actuadores, já que permite baixos consumos, débitos aceitáveis e possui uma pilha protocolar mais simples do que a norma 802.11 que possibilita a sua implementação em sistemas com recursos limitados.



# Capítulo 5

## Análise do Sistema

Neste capítulo são identificados os requisitos, abordada a arquitectura e as funcionalidades do sistema de gestão de consumo eléctrico doméstico com veículo eléctrico.

### 5.1 - Requisitos

Nesta secção são descritas as funcionalidades principais do sistema, identificados os vários intervenientes no sistema e as respectivas interacções possíveis.

#### 5.1.1 - Utilizador

Para que o sistema possa operar de forma mais eficiente, ou seja, para o sistema poder fazer uma previsão de consumo, escalonar o consumo de determinados equipamentos e fazer o controlo da carga do sistema, o utilizador deverá indicar uma série de dados para que o sistema consiga definir o perfil de consumo. Os dados que o utilizador deverá inserir no sistema são:

- Horário da casa - ou seja uma estimativa das horas, de cada dia da semana, que o utilizador está fora de casa, e o horário em que vai estar em casa, separado por tempo activo e inactivo (i.e., a dormir).
- Temperatura desejada - no caso de a habitação conter equipamentos de climatização como ar condicionado. Assim o sistema poderá ligar automaticamente a climatização sempre que o utilizador se encontrar em casa ou está para chegar.
- Nível de iluminação da casa - assim o sistema conseguirá regular a intensidade da iluminação e permitir alguma poupança se as lâmpadas (caso as lâmpadas o permitam, ou seja, lâmpadas sem balastro), ou seja não estiverem a utilizar a totalidade da sua potência.

- Número de utilização média das máquinas de lavar roupa, secar roupa ou lavar loiça - caso o utilizador as possua em sua casa, assim como mais algumas informações como o programa a utilizar ou a temperatura da água.
- Media de quilómetros diário efectuado pelo ou pelos veículos eléctricos
- Tarifa e o horário da tarifa (caso não seja uma tarifa plana) assim como a potência contratada (estas informações podem também futuramente vir a ser fornecidas pela empresa fornecedora de energia, e actualizada automaticamente pelo sistema)
- A lista de prioridades dos equipamentos que o sistema pode controlar - para o sistema poder tomar decisões em caso de ser necessário limitar ou cortar a utilização de algum.

### 5.1.2 - Interface:

O interface do sistema para além de permitir ao utilizador introduzir e alterar o seu perfil, deve suportar funcionalidades adicionais como por exemplo a consulta da previsão do consumo da casa, consumo de cada equipamento e o escalonamento proposto pelo sistema. Estas informações devem ser apresentadas idealmente através de gráficos de forma a facilitar a sua compreensão. A lista seguinte identifica as funcionalidades do interface.

- Consulta e alteração do perfil do utilizador (horário da casa, prioridades dos equipamentos, temperatura ambiente, iluminação etc.)
- Consulta das características dos equipamentos, consulta dos consumos de cada equipamento, consulta do consumo total dos equipamentos.
- Consulta do consumo por categoria de equipamento (climatização, iluminação, máquinas de lavar roupa, secar roupa ou lavar loiça, entretenimento, frio (frigorífico ou congeladores), veículo eléctrico)
- Exibir o escalonamento calculado pelo sistema
- Exibir os equipamentos que se encontram em funcionamento, exibir o histórico de funcionamento dos equipamentos, exibir o histórico de consumo dos equipamentos
- Programar manualmente o horário funcionamento de aparelhos como a máquina de lavar roupa, máquina de secar roupa ou máquina de lavar loiça.
- Alertar o utilizador com mensagens de aviso através do interface em situações em que o sistema necessite de efectuar limitações ou cortes na utilização de alguns equipamentos para não haver sobre cargas ou cumprir o custo mensal pretendido

O interface será um monitor em casa do utilizador, mas num futuro próximo poderá ser um dispositivo móvel como um telemóvel ou um PDA, permitindo assim ao utilizador fazer a gestão ou consulta do consumo eléctrico da casa em qualquer zona da casa ou ate fora dela.

### 5.1.3 - Sistema inteligente

O sistema inteligente será responsável, pelo controlo e tomada de decisões do sistema. Estas decisões devem ser tomadas tendo em conta diversos factores, sejam eles o consumo em tempo real (evitar ultrapassar o limite de potencia contratada), consumo diário (analisar o consumo dia-a-dia para garantir os objectivos dos gastos mensais), ou mensalmente futuramente aprenderá os “hábitos” energéticos para garantir melhores escalonamentos e previsões do consumo. O sistema inteligente também, será responsável através de módulos de comunicação, pela comunicação com os sensores e aparelhos que controlem os equipamentos domésticos, fazendo com que estes executem as ordens por ele determinadas. Listam-se, de seguida, os requisitos do sistema inteligente:

- Deve utilizar um sistema de comunicação que lhe permita comunicar com os diversos equipamentos
- Recolhe em tempo real ou intervalos de tempo predefinidos o consumo energético dos diversos aparelhos, com uma periodicidade adequada ao controlo pretendido
- Deve gerar o consumo energético efectuado por cada aparelho em forma de gráfico, como por exemplo o consumo energético durante um período de tempo e o respectivo custo desse consumo e ate uma previsão do consumo ate ao final do mês
- Deve ser capaz de efectuar um previsão do consumo energético mensal com base no perfil que o utilizador
- Deve receber os dados de cada equipamento com as características de cada equipamento
- Deve ser capaz de organizar os equipamentos por categorias, e apresentar o consumo dessas mesmas categorias.
- Devera construir um “calendário” com as tarefas e geral da habitação
- Deverá avisar os “residentes” se a previsão do consumo eléctrico ultrapassar o máximo estipulado e fornecer alternativas para a redução do mesmo, e inclusive recorrer a estratégias que permitam reduzir o consumo.
- Deve estar ciente do estado operacional de todos os dispositivos de rede para reduzir a espera de comunicação relativa à energia consumida pelos dispositivos de rede.

- Deve ser capaz de desligar qualquer aparelho sempre que a carga utilizada for ultrapassar o limite de potência contratada
- Definir as estratégias de redução de custos com base nas prioridades de cada equipamento

Os requisitos a cima descritos têm com principal objectivo a optimizarem o consumo da energia numa habitação o mais autonomamente possível respeitando as necessidades do utilizador. Como cada utilizador tem hábitos energéticos e preferências diferentes uns dos outros é necessária a criação de perfis para cada um de forma a poder satisfazer os residentes da habitação.

## **5.2 - Estratégia e especificação preliminar**

Com base nos requisitos acima descritos, na pesquisa bibliográfica e no levantamento do estado da arte, foram tomadas as seguintes estratégias na elaboração do sistema.

### **5.2.1 - Base de Dados:**

A Base de Dados é responsável por armazenar todos os dados referentes ao consumo eléctrico, definições e planos de consumo eléctrico do utilizador e dados referentes a cada aparelho doméstico. A seguir vai ser listada as funcionalidades da Base de Dados.

- Todos os dados devem estar disponível para consulta
- Armazena as características de cada equipamento
- Armazena os dados do perfil do utilizador (horário, temperatura, nível de iluminação etc.)

### **5.2.2 - Comunicação: Sistema <-> Sensores/actuadores**

Depois do levantamento de tecnologias de comunicação efectuado e com base nas características de cada uma chegou-se a conclusão que a tecnologia mais indicada para usar num sistema de comunicação entre sensores seria o ZigBee. As principais vantagens desta tecnologia são:

- Reduzido consumo na transmissão de dados entres sensores, que permite uma maior duração das baterias do que em qualquer outra tecnologia.
- Débitos na ordem dos 200 kbit/s que é suficiente para a transmissão de dados do consumo eléctrico e “ordens” para os equipamentos



- Bom alcance de comunicação, cerca de 100m entre dispositivos
- Rede auto-organizável
- Elevado numero de equipamentos que usam esta norma no mercado que podem ser sensores:
  - 
  - Luminosidade
  - Temperatura
  - Humidade
  - Movimento
- Podem ser controladores/medidores:
  - Têm como objectivo principal de controlo de energia ao aparelho ligado a ele.
  - Recolhe informações do consumo energético em tempo real, e envia os registos ao servidor a pedido ou em intervalos de tempo definidos

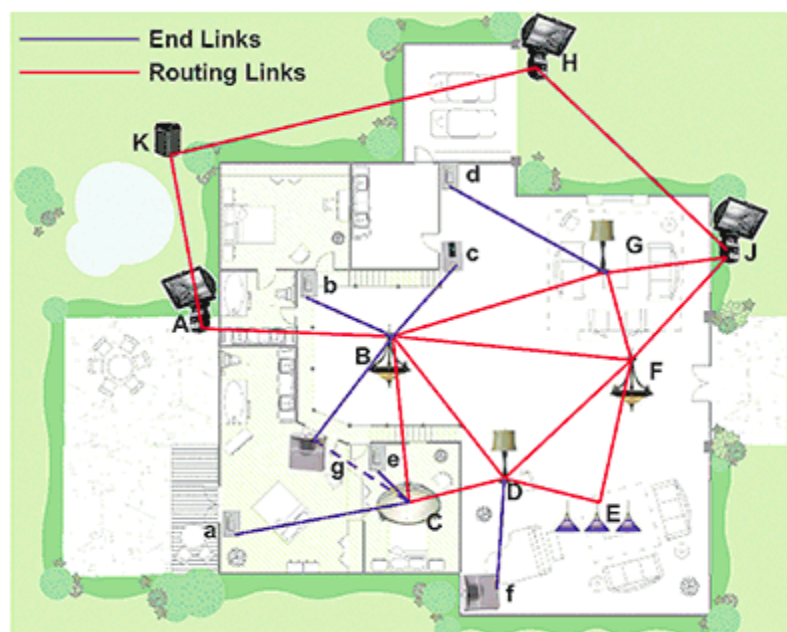


Figura 5.1 - Esquema da comunicação entre sensores/actuadores e o sistema.

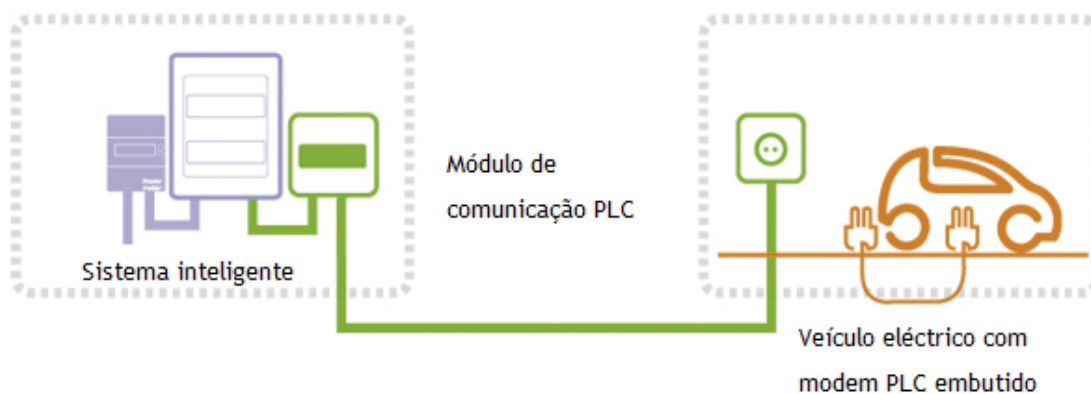
### 5.2.3 - Comunicação: Sistema <-> Veículo Eléctrico

A comunicação feita entre o Sistema Ficara ao encargo do Homeplug. Esta tecnologia como utiliza a própria rede eléctrica com rede de comunicação a ligação entre veículo eléctrico e sistema não vai sofrer interferências e teoricamente não existiram obstáculos, contrario do que acontece nas tecnologias sem fios. A tecnologia Homeplug poderá facilitar o

acesso aos dados do veículo eléctrico. Seria necessários modems PLC a saída do sistema inteligente, embutido no carregador do veículo eléctrico e outro no próprio veículo eléctrico que enviasse as informações do veículo eléctrico assim que o cabo do carregador fosse conectado. O modem PLC embutido no carregador do veículo eléctrico recebia a ordem de carregar ou veículo, ou em caso de emergência recorrer a bateria do veículo como fonte de energia.

Esta ligação entre veículo eléctrico e sistema dever ser capaz de:

- Utilizado na comunicação entre veículo eléctrico e Sistema Inteligente.
- Troca com o Sistema inteligente as informações respectivas a carga da bateria do veículo eléctrico, quilómetros percorridos, consumo médio, e respectiva ordem de carregamento de baterias se necessário ou ordenado pelo utilizador
- Deve detectar falhas/cortes de energia da rede eléctrica, e se possível iniciar o fornecimento de energia para a casa a partir das baterias do veículo eléctrico



**Figura 5.2** - Esquema da comunicação entre o veículo e o Sistema

Assim sendo a comunicação do sistema seria repartida entre duas tecnologias, o PLC e o ZigBee já que são as que oferecem melhores garantias a funcionalidades para este tipo de sistema. O esquema da arquitectura de comunicação do sistema seria então o seguinte.

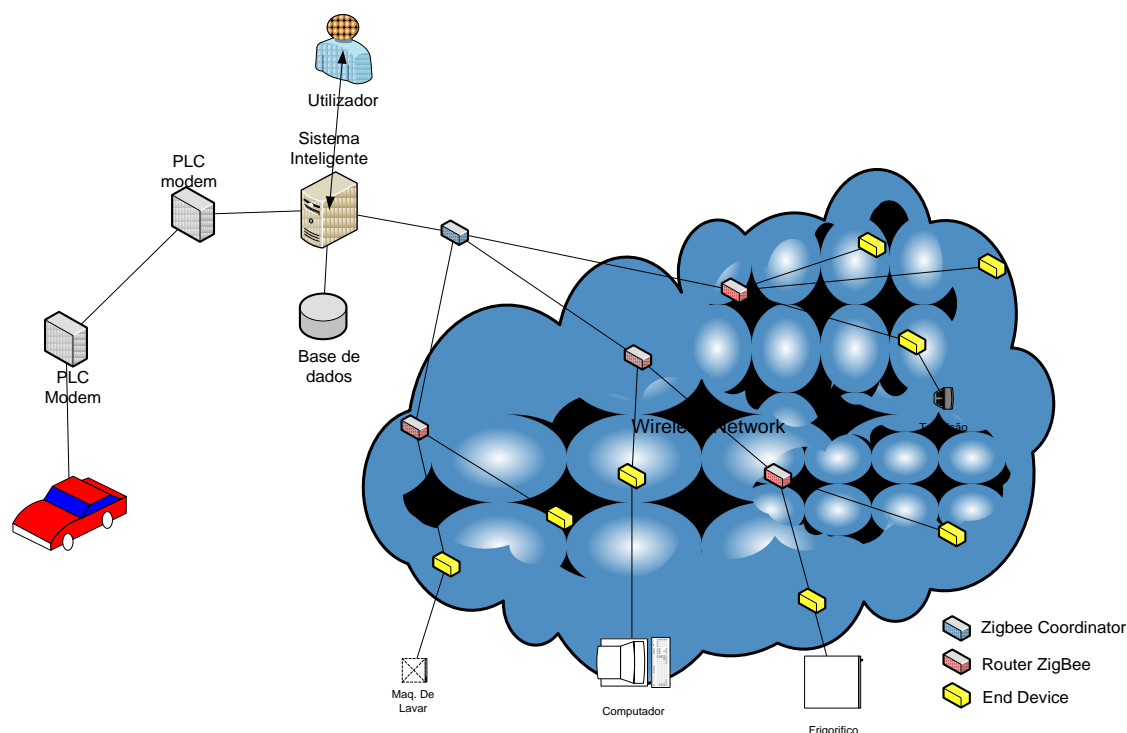


Figura 5.3 - Esquema da arquitectura do Sistema

## 5.3 - Recolha de dados

A recolha de dado é um dos aspectos fundamentais para o bom funcionamento do sistema. Neste subcapítulo serão discutidas as estratégias usadas para a recolha de dados.

### 5.3.1 - Dados das características dos equipamentos

Foi definido que os equipamentos quando ligados a uma tomada da habitação, vão se anunciar através de através da ligação (ZigBee ou PLC) que tem com a Sistema. Neste processo os equipamentos devem enviar um ficheiro XML contido neles, que deverá conter as características relativas a sua potência, consumo, tipo de equipamento e no caso das máquinas de lavar roupa, secar roupa ou lavar loiça, os diversos consumos e duração relativos aos seus programas de utilização. A informação de cada equipamento será gravada em vectores, um vector por cada equipamento, sendo que cada posição do vector vai conter um campo das informações contidas no ficheiro XML.

### 5.3.2 - Dados do Perfil do utilizador

Os dados do perfil do utilizador devem ser introduzidos através do interface, assim que o sistema possuir a lista de equipamentos da habitação e as suas características. Os dados que o utilizador deve introduzir, que foram descritos acima, vão ficar armazenado em ficheiros TXT serão actualizados sempre que o utilizador alterar o perfil.

### 5.3.3 - Dados do consumo dos equipamentos

Os dados relativos ao consumo de cada equipamento devem ser medidos e registados em intervalos de 15 minutos pelo sistema, para que este tome decisões que controlem o consumo e evite sobre cargas.

Os dados do consumo de cada equipamento serão enviados para o sistema sempre que um equipamento entre ou saia de funcionamento, de forma a fazer o controlo da carga no sistema em tempo real, durante o período de actividade do equipamento apenas devem ser medidos e enviados ao sistema os dados relativos ao consumo em intervalos de 15 minutos, reduzindo assim o numero de comunicações desnecessárias já que se não existir alterações na actividade do equipamento não é necessário comunicar o resultado esperado.

### 5.3.4 - Dados dos sensores

Os dados recolhidos dos sensores desempenham um papel importante na automação do sistema. Existem 3 tipos de dados que os sensores devem medir e enviar ao sistema inteligente.

- Presença

Os dados de presença de um residente devem ser enviados sempre que houver uma alteração do estado da divisão (presença ou ausência), assim o sistema torna a causa o mais autónoma possível já que, no caso da iluminação, não é necessário ligar ou desligar, e ao mesmo tempo os desperdícios energéticos serão minimizados já que a iluminação será desligada sempre que a divisão estiver “desocupada” evitando assim desperdícios energéticos.

- Luminosidade

Os sensores de luminosidade enviam ao sistema os dados sobre o nível de iluminação das divisões em intervalos de 15 minutos e se a divisão estiver ocupada. Estes dados permitem ao sistema regular a intensidade da iluminação da divisão para a definida pelo utilizador, caso a iluminação natural da divisão seja suficiente para satisfazer o

limite definido pelo utilizador as luzes mantêm-se desligadas, ou então ligam-se mas com uma intensidade mais baixa.

- Temperatura

Os dados de temperatura devem ser medidos em intervalos de 15 minutos e enviados ao sistema inteligente, para este tomar decisões para que seja possível manter a temperatura definida no perfil do utilizador, e enviar “ordens” aos equipamentos responsáveis pela climatização da habitação. No caso do ar condicionado era fundamental o sistema ter acesso e controlo sobre o termóstato, para o sistema se tornar mais autónomo e poder efectuar uma melhor gestão.

## 5.4 - Equipamentos controláveis

Depois de uma análise feita sobre os consumos de cada equipamento, conclui-se que os equipamentos que ocupam uma maior fatia do consumo eléctrico doméstico são:

- Frigorífico/congelador
- Climatização (ar condicionado, ventiladores, etc.)
- Iluminação
- Máquinas de lavar ou secar roupa e de lavar loiça

Com estes dados foi decidido apenas controlar os equipamentos acima descritos excepto o frigorífico, uma vez que as possibilidades de controlo deste equipamento são reduzidas ou nulas, visto dever estar em funcionamento permanente e possuir mecanismo de poupança energética. O controlo do carregamento do veículo eléctrico vai ser adicionado à lista de equipamentos controláveis já que se estima que vai ser responsável por uma boa parte do consumo energético da casa. Assim sendo a lista de equipamentos domésticos controláveis seria a seguinte:

- Climatização (ar condicionado, ventiladores, etc.)
- Iluminação
- Máquina de lavar roupa
- Máquina de secar roupa
- Máquina de lavar loiça
- Veículo eléctrico

## 5.5 - Algoritmo

De forma a satisfazer todas as funcionalidades descritas anteriormente é necessário um algoritmo inteligente capaz de alterar em qualquer altura o estado de funcionamento de cada equipamento ou limitar/alterar as suas definições de utilização (aumentar ou diminuir a

intensidade da iluminação ou a temperatura do ar condicionado) se possível que estas alterações passem despercebidas ao utilizador. Para facilitar a tarefa são enunciadas algumas variáveis necessárias:

- Potência contratada
- Tarifa
- Identificação do equipamento
- Nome dos equipamentos
- Características do equipamento (potencia, duração da actividade, programa de utilização)
- Temperatura da habitação
- Nível de iluminação
- Consumo instantâneo
- Consumo diário
- Consumo mensal
- Consumo por equipamento
- Consumo por Classe de equipamentos (Máquinas, climatização, iluminação, entretenimento, etc.)
- Escalonamento
- Prioridades dos equipamentos controláveis
- *Flag* de utilização do equipamento

## 5.6 - Interface gráfico

O interface gráfico será em formato de página Web acedida directamente a partir do sistema através de um PC. Este interface será usado pelo utilizador para o registo do seu perfil ou seja: o horário da casa, temperatura desejada, nível de iluminação da casa, número de utilização média das máquinas de lavar roupa, secar roupa ou lavar loiça, media de quilómetros diário efectuado pelo ou pelos veículos eléctricos, tarifa, lista de prioridades dos equipamentos. Através deste mesmo interface gráfico será possível ao utilizador consultar o escalonamento decidido pelo sistema, que melhor se enquadra com o perfil do utilizador assim como o seu consumo previsto. Será também possível a consulta dos registos do consumo energético através de gráficos, sendo que estes gráficos podem ser sobre consumos de cada equipamento, consumo total dos equipamentos, consumo por categoria de equipamento. No final de cada mês poderá ser consultado o histórico do consumo efectuado e comprar com o previsto pelo sistema. Também será possível agendar as actividades de alguns equipamentos controláveis (como as máquinas de lavar roupa, lavar loiça ou secar roupa). O interface gráfico deverá lançar avisos se o utilizador estiver a fazer um consumo excessivo da habitação (de acordo com perfil definido) e fornecer algumas alternativas, ou avisar que estão a ser postas em prática algumas medidas tomadas pelo sistema. Futuramente pretende-

se que este interface se estenda a dispositivos móveis de forma a facilitar o seu acesso assim como avisar o utilizador em tempo real sobre o consumo energético, alterar o perfil o agendar tarefas.





## Capítulo 6

### Desenvolvimento

No processo de desenvolvimento do algoritmo inteligente capaz de otimizar a utilização dos equipamentos da habitação da forma mais autónoma possível, apresentam-se neste capítulo a estrutura e os módulos do respectivo algoritmo.

Devido às limitações de tempo e abrangência do tópico desta dissertação, nem todas as funcionalidades puderam ser desenvolvidos e simuladas. Assim, deu-se maior importância à gestão e controlo do sistema da rede eléctrica, que permite fazer a gestão da distribuição da energia consoante os recursos disponíveis. Optou-se ainda por seguir uma estratégia faseada em que numa fase inicial se opta pela simulação do sistema de forma a validar o comportamento e desempenho do algoritmo inteligente e só depois se avançaria para a implementação/construção de um protótipo. Pela limitação já referida, não foi possível dar início à segunda fase de construção de protótipos.

Uma vez que o tempo de recepção e envio de mensagens de e para os equipamentos adoptado tem 15min de periodicidade, a selecção das tecnologias de comunicação de suporte a esta comunicação não desempenha aqui um papel limitador. A única situação em que esta demora na actualização dos dados pode ser relevante é na situação de corte de energia por parte da empresa fornecedora. Contudo nenhum destes casos foi simulado sendo previsto como trabalho futuro a avaliação do impacto destes parâmetros.

#### 6.1 - Ferramentas utilizadas

Este trabalho visa validar o conceito de desenvolvimento de um sistema de gestão do consumo energético doméstico e as suas funcionalidades na presença de veículo eléctrico. Por isso torna-se necessário o uso de ferramentas e, essencialmente linguagens de programação para reproduzir essas funcionalidades e simular o sistema.

### 6.1.1 - Java

O Java é uma das linguagens de programação mais modernas e simples, é uma mistura de muitas outras linguagens de programação (C, C++, LISP, Objective-C, MESA, Modula3, etc.) e a sintaxe utilizada em Java é muito semelhante a C e C++, embora considerada mais simples.

Esta linguagem de programação foi pensada para escrever programas que devem ser robustos já que verifica possíveis problemas mesmo antes da compilação do programa e durante o tempo de execução do programa. Uma das maiores diferenças entre Java e C / C++ é que o Java possui um modelo de apontadores que elimina a possibilidade de substituir a memória e corromper dados. A escolha desta linguagem de programação também foi baseada na compatibilidade que ela apresenta com o protocolo de comunicação ZigBee (para facilitar integrações futuras com equipamentos reais). Já existem módulos em Java (*drivers*) capazes de comunicar com um nó ZigBee *coordinator*, descobrir os nós da rede ZigBee e receber e enviar comandos para qualquer um desses nós. Este módulo também pode enviar e receber qualquer tipo de informação como:

- Parâmetros do nó ZigBee (estado, endereços, configuração do nó, etc.)
- Dados de sensores
- Instruções

O Eclipse foi o software utilizado para programar o sistema de gestão do consumo eléctrico.

### 6.1.2 - XML

O XML (*Extensible Markup Language*) foi utilizado devido a sua facilidade de partilhar informações através da Internet. Entre as funcionalidades do XML as mais importantes para este trabalho são:

- Identificação da informação, visto que o sistema pode facilmente identificar os campos com a informação pretendida, como a potência do equipamento ou outras características relevantes;
- Utilizado para armazenamento de informação em qualquer plataforma, por ter um padrão internacional;
- Transferência de dados, já que o XML é utilizado para trocar informação entre diferentes sistemas computacionais que seriam incapazes de comunicar entre si, independentemente do tipo de dados;
- Os dados de um XML são armazenados em formato texto. Isto facilita a actualização de uma aplicação;

- Muito simples e de fácil compreensão, tanto para humanos como para computadores;
- Possibilita estruturação dos dados da forma que mais convém a este trabalho, através da criação de *tags*;
- Possui suporte a Unicode, permitindo que praticamente qualquer informação escrita em língua humana possa ser transmitida;

### **6.1.3 - Editor de Texto**

O editor de texto usado foi o NotePad++ visto que suporta todas as linguagens de programação atrás mencionadas.

### **6.1.4 - Tipo de Codificação de Caracteres**

O tipo de codificação usado foi o UTF-8. Este pode representar qualquer carácter universal padrão do Unicode, sendo também compatível com o ASCII. Por esta razão, está lentamente a ser adaptado como tipo de codificação padrão para e-mail, páginas Web, e outros locais onde os caracteres são armazenados [49].

## **6.2 - Iniciação do Sistema e Estimativa do consumo**

Nesta secção é descrito o processo inicial do sistema até ser possível iniciar o processo de gestão dos recursos energéticos para a habitação.

### **6.2.1 - Recolha de dados sobre os equipamentos**

O algoritmo do sistema de gestão, para funcionar de forma optimizada, necessita obrigatoriamente de conhecer a grande maioria dos aparelhos eléctricos ligados numa habitação. Uma das formas automáticas de recolher esta informação implica que os equipamentos conheçam as suas características (e.g., inseridas pelo fabricante) e serem capazes de se anunciar ao sistema, por exemplo através de um ficheiro XML. Apresenta-se de seguida o exemplo da informação que poderia fazer parte desse ficheiro XML no caso de uma Televisão.

```

<?xml version="1.0"?>
<Televisao>
  <info>
    <categoria>diversao</categoria>
    <potencia> 150</potencia>
    <stand-by> 10 </stand-by>
  </info>
</Televisao>

```

Figura 6.1 - Exemplo do ficheiro XML de uma televisão

Como podemos observar, o ficheiro XML contém informações sobre as principais características do equipamento para o sistema que se pretende desenvolver. No caso da televisão, que possui dos tipos de ficheiros mais simples, podemos verificar que a informação vem organizada da seguinte forma; o nome do equipamento no ponto mais alto da hierarquia, seguido da tag “info” que inicia a 2ª hierarquia do ficheiro XML. Dentro da tag “info” encontramos as principais características do equipamento que são fundamentais para o sistema de gestão. Na tag “categoria”, encontra-se a categoria do equipamento em questão, a potência do equipamento e a potência consumida quando o equipamento se encontra em *stand-by* (em Watt) nas tags “potencia” e “.stand-by”, respectivamente.

Como nem todos os equipamentos são iguais e possuem características diferentes, também os ficheiros XML necessitam de ter parâmetros adequados com as informações necessárias. Como podemos observar no caso seguinte, o XML de uma Lâmpada, existem alguns campos com informações diferentes relativamente ao exemplo anterior.

```

<?xml version="1.0"?>
<Lampada>
  <info>
    <categoria>iluminacao</categoria>
    <tipo>fluorescentes</tipo>
    <potencia>14</potencia>
    <dim>nao</dim>
  </info>
</Lampada>

```

Figura 6.2 - Exemplo do ficheiro XML de uma Lâmpada sem capacidade de “dimming”

```

<?xml version="1.0"?>
<Lampada>
  <info>
    <categoria>iluminacao</categoria>
    <tipo>Incandescente</tipo>
    <potencia>25</potencia>
    <dim>sim</dim>
    <dim percentagem = "10">23</dim>
    <dim percentagem = "25">20</dim>
    <dim percentagem = "50">15</dim>
    <dim percentagem = "75">10</dim>
  </info>
</Lampada>

```

Figura 6.3 - Exemplo do ficheiro XML de uma Lâmpada com capacidade de “dimming”

Nesta caso a organização do ficheiro é em tudo idêntica a do ficheiro da televisão, mas contem um campo extra designado por “dim”. Neste campo está indicado se a lâmpada tem capacidade de regulação de intensidade (“dimming”) e no caso de possuir essa característica, irá conter 4 *tags* adicionais que indicam a percentagem de “dimming” e a potência consumida para a respectiva percentagem. Estes campos vão permitir ao sistema inteligente regular a iluminação mais facilmente e prever o seu respectivo consumo.

As máquinas de lavar roupa, máquinas de lavar loiça e máquinas de secar roupa apresentam uma série de programas e/ou temperaturas. A potência necessária para o seu funcionamento e consumo energético variam de acordo com o respectivo programa seleccionado e a duração desejada. Por este motivo, existe a necessidade de colocar todas estas informações no ficheiro XML.

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>

<MaquinaLavarRoupa>
  <info>
    <categoria>lavar roupa</categoria>
    <programas>12</programas>
    <temperatura>7</temperatura>
    <potencia temp="30" programa="1" > 700</potencia>
    <potencia temp="30" programa="2"> 900</potencia>
    <potencia temp="30" programa="3"> 1000</potencia>
    <potencia temp="30" programa="4"> 1200</potencia>
    <potencia temp="30" programa="5"> 1100</potencia>
    <potencia temp="30" programa="6"> 800</potencia>
    <potencia temp="30" programa="7"> 500</potencia>
    <potencia temp="30" programa="8"> 1200</potencia>
    <potencia temp="30" programa="9"> 900</potencia>
    <potencia temp="30" programa="10"> 1100</potencia>
    <potencia temp="30" programa="11"> 950</potencia>
    <potencia temp="30" programa="12"> 1050</potencia>
    <potencia temp="40" programa="1"> 875</potencia>
    <potencia temp="40" programa="2"> 1125</potencia>
    <potencia temp="40" programa="3"> 1250</potencia>
    <potencia temp="40" programa="4"> 1500</potencia>
    <potencia temp="40" programa="5"> 1375</potencia>
    <potencia temp="40" programa="6"> 1000</potencia>
    <potencia temp="40" programa="7"> 625</potencia>
    <potencia temp="40" programa="8"> 1500</potencia>
    <potencia temp="40" programa="9"> 1125</potencia>
    <potencia temp="40" programa="10"> 1375</potencia>
    <potencia temp="40" programa="11"> 1187</potencia>

```

Figura 6.4 - Exemplo do ficheiro XML de uma Máquina de Lavar Roupa (início)

```

<potencia temp="90"      programa="4"> 3000</potencia>
<potencia temp="90"      programa="5"> 2750</potencia>
<potencia temp="90"      programa="6"> 2000</potencia>
<potencia temp="90"      programa="7"> 1250</potencia>
<potencia temp="90"      programa="8"> 3000</potencia>
<potencia temp="90"      programa="9"> 2250</potencia>
<potencia temp="90"      programa="10"> 2750</potencia>
<potencia temp="90"      programa="11"> 2375</potencia>
<potencia temp="90"      programa="12"> 2625</potencia>
<duracao programa="1">100</duracao>
<duracao programa="2">110</duracao>
<duracao programa="3">129</duracao>
<duracao programa="4">80</duracao>
<duracao programa="5">90</duracao>
<duracao programa="6">95</duracao>
<duracao programa="7">60</duracao>
<duracao programa="8">115</duracao>
<duracao programa="9">110</duracao>
<duracao programa="10">120</duracao>
<duracao programa="11">95</duracao>
<duracao programa="12">120</duracao>

</info>
</MaquinaLavarRoupa>

```

Figura 6.5 - Exemplo do ficheiro XML de uma Máquina de Lavar Roupa (fim)

Na figura 6.5 está exemplificado um ficheiro XML de uma máquina de lavar roupa. Como se pode observar, existe uma *tag* que informa o sistema do número de programas e outra que informa da quantidade de temperaturas que se pode escolher para esta máquina, a *tag* “programas” e “temperatura” respectivamente. Pode-se observar ainda que o ficheiro XML tem uma lista com a potência consumida por utilização em watts por hora (w/h) com todas as combinações possíveis entre programas - temperaturas e, como indicado também na figura, contém também a duração dos programas. A estrutura do ficheiro XML de uma máquina de secar roupa ou máquina de lavar loiça são semelhantes à estrutura apresentada no ficheiro XML da máquina de lavar roupa.

As informações do ar condicionado também apresentam uma organização muito semelhante a estrutura do ficheiro XML das máquinas como podemos observar na figura seguinte.

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<arcondicionado>
  <info>
    <categoria>climatizacao</categoria>
    <temperatura>13</temperatura>
    <area>7</area>
    <potencia area="0m-10m" temperatura="16"> 1815</potencia>
    <potencia area="10m-20m" temperatura="16"> 1980</potencia>
    <potencia area="20m-30m" temperatura="16"> 2310</potencia>
    <potencia area="30m-40m" temperatura="16"> 2860</potencia>
    <potencia area="40m-50m" temperatura="16"> 3850</potencia>
    <potencia area="50m-60m" temperatura="16"> 4510</potencia>
    <potencia area="60m-70m" temperatura="16"> 5830</potencia>
    <potencia area="0m-10m" temperatura="17"> 1732</potencia>
    <potencia area="10m-20m" temperatura="17"> 1890</potencia>
    <potencia area="20m-30m" temperatura="17"> 2205</potencia>
    <potencia area="30m-40m" temperatura="17"> 2730</potencia>
    <potencia area="40m-50m" temperatura="17"> 3675</potencia>
    <potencia area="50m-60m" temperatura="17"> 4305</potencia>
    <potencia area="60m-70m" temperatura="17"> 5565</potencia>
  </info>
</arcondicionado>

```

Figura 6.6 - Exemplo do ficheiro XML do Ar Condicionado

Os valores da potência do ar condicionado são dados em watts e variam consoante a temperatura pretendida, com o tamanho da divisão ou da habitação.

O veículo eléctrico não deve fugir à regra e como tal também possui as suas principais características armazenadas num ficheiro XML. As principais informações que o sistema deve possuir são a capacidade da bateria, a potência necessária para carregar a bateria, tempo de carregamento, e consumo médio.

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>

<veiculo>
  <info>
    <categoria>eletrico</categoria>
    <potencia>3300</potencia>
    <bateria>24000</bateria>
    <carregamento>100</carregamento>
    <consumo>220</consumo>
  </info>
</veiculo>

```

Figura 6.7 - Exemplo do ficheiro XML do Veículo Eléctrico

A informação da capacidade da bateria e do tempo de carregamento vão permitir ao sistema calcular o tempo de carregamento do veículo, permitindo assim o carregamento seja iniciado com a devida antecedência de modo a que o veículo esteja totalmente carregado a quando da sua utilização. O valor da capacidade da bateria é em watts e o carregamento é dado em watts por minuto. O consumo médio do veículo também vem incluído nas características do veículo eléctrico permitindo assim ao sistema saber a duração da bateria e a estimativa do próximo carregamento, este valor é dado em watt por quilómetro.



Os ficheiros XML podem ainda conter algumas informações que possam ser relevantes para o utilizador ficando essa informação ao critério do fabricante.

## 6.2.2 - Perfil do utilizador

Após a identificação de todos os equipamentos no sistema é necessário que o utilizador defina uma série de parâmetros de acordo com as suas preferências. Esses parâmetros são:

- Horário (de permanência em casa)
- Prioridades de cada electrodoméstico
- Potência contratada
- Tarifário - plana (as tarifas bi-horária e tri-horária não serão tidas em consideração neste trabalho)
- Gasto mensal pretendido
- Máquinas (lavar roupa, lavar loiça, secar roupa)
  - Número médio de vezes de utilização das máquinas e dias?
- Carro
  - Número médio de km por dia e consumo médio
- Luzes
  - Nível de luminosidade
- Climatização
  - Temperatura pretendida

Estas informações serão gravadas em ficheiros de configuração, e serão utilizadas pelo algoritmo para fazer estimativas do consumo, escalonamento da utilização dos equipamentos, decisões sobre qual equipamento a utilizar ou até temperatura ou iluminação que deve ser utilizada.

### 6.2.2.1 - Horário da casa

O horário da casa vai permitir ao sistema automatizar a utilização de alguns equipamentos como o ar condicionado. Quando o utilizador definir o horário, pode especificar o dia a que corresponde o horário, por exemplo “semana” que é utilizado de 2ª a 6ª feira, ou “fim-de-semana” que é utilizado durante sábados domingos e feriados.

Para além do dia, é possível especificar 3 estados para a habitação, são eles:

- Em casa - que o algoritmo irá interpretar que os residentes se encontram em casa, e em função disso irá controlar a climatização e a iluminação de acordo com os níveis definidos pelo utilizador. Neste período o algoritmo inicialmente prevê que os equipamentos não controláveis serão utilizados na sua totalidade, isto vai permitir ao algoritmo prever o consumo e efectuar controlo/escalonamento da utilização dos equipamentos controláveis se necessário. Um equipamento instalado no quadro eléctrico irá recolher o valor do consumo instantâneo e regista-lo no sistema, estas medições serão utilizadas para actualizar o valor do consumo médio quando neste período.
- Fora de casa - O algoritmo vai assumir que neste período de tempo não se encontra ninguém em casa. A climatização será então desligada, a previsão do consumo será feita com base nos consumos dos equipamentos que se encontram sempre em funcionamento, por exemplo: frigorífico, e dos equipamentos que embora estejam desligados têm consumo energético enquanto se encontram *stand-by*, a mesma carga é considerada com sendo utilizada quando o algoritmo estiver a fazer o escalonamento.
- Dormir - Neste período o algoritmo assume que apenas alguns equipamentos se encontram em funcionamento para efectuar as suas previsões, tanto a nível de consumo como de escalonamento. O utilizador pode ainda definir neste modo se quer ter a climatização da casa em funcionamento e a temperatura que deseja assim como o nível de iluminação.

Estes dados ficaram armazenados em ficheiros de configuração. O horário da casa ficará gravado com o seguinte formato:

```
{24:00, dormir}
{9:00, fora}
{18:00, casa}
{7:00, casa}
```

Figura 6.8 - Ficheiro de configuração Horário

Existem dois ficheiros de configuração, um utilizado durante a semana e outro utilizado ao fim de semana e feriados, mas a sua estrutura é idêntica. Durante a fase de previsão do consumo ou quando o sistema efectuar um escalonamento, o sistema vai percorrer desde o início do mês até ao final, em intervalos de uma hora, em cada intervalo o sistema vai ao ficheiro de configuração e compara o valor do intervalo com os valores do ficheiro, depois de encontrar qual o estado da casa para aquela hora, o sistema faz então a estimativa do consumo. O processo para prever o consumo médio ou fazer o escalonamento é idêntico.

Como se pode observar, no ficheiro de configuração do horário, temos as informações sobre a hora de início de cada estado e o dia da semana. Esta configuração tem o seguinte horário de utilização da casa.

Hora	Estado
0:00	Dormir
1:00	
2:00	
3:00	
4:00	
5:00	
6:00	
7:00	Casa
8:00	
9:00	
10:00	Fora
11:00	
12:00	
13:00	
14:00	
15:00	
16:00	
17:00	
18:00	Casa
19:00	
20:00	
21:00	
22:00	
23:00	

**Figura 6.9** -- Exemplo de horário

O ficheiro de configuração sobre o estado da casa que contem definições sobre o nível de iluminação e temperatura pretendidas e definido pelo utilizador. Existe apenas um ficheiro deste tipo na base de dados, que é consultado quando o sistema necessita das informações do estado da casa num determinado instante, independentemente se é semana ou fim-de-semana.

O ficheiro as preferências do estado da casa tem, o seguinte formato.

```

{estado, luz, temperatura}
{Casa, 90, 21}
{Dormir, 50, 0}

```

**Figura 6.10** - Ficheiro de configuração Estado da casa

Neste ficheiro está definido que para o estado “Casa” o utilizador pretende um nível de iluminação de 90% e uma temperatura ambiente de 21°C e que para o estado dormir o utilizador definiu que iluminação estaria a 50% e como a temperatura indicado no ficheiro é zero o utilizador pretende o ar condicionado desligado. Para o estado “Fora” o sistema assume que o utilizador quer as luzes e o ar condicionado desligados já que é de esperar que a casa se encontre “vazia”.

### 6.2.3 - Equipamentos controláveis

Nesta secção vai ser abordado como o sistema armazena as preferências do utilizador sobre os equipamentos que foram anteriormente definidos como controláveis, e a sua importância para o desempenho do algoritmo.

#### 6.2.3.2 - Prioridades dos equipamentos

Depois de definido o horário de “funcionamento” da casa são necessárias algumas informações sobre os equipamentos controláveis como a máquina de lavar ou o veículo eléctrico. Cada um destes aparelhos controláveis deve ter uma prioridade definida pelo utilizador. Este é um dos aspectos mais influentes na gestão efectuada pelo sistema, com esta informação o sistema poderá efectuar o escalonamento das tarefas dos equipamentos controláveis, ou no caso da potência que esta a ser consumida se aproximar do limite de potência contratada, o sistema poderá reduzir consumo de alguns equipamentos como a iluminação ou equipamentos de climatização em função da prioridade. Esta informação será armazenada em ficheiros com o seguinte formato:

```

veiculo;
Iluminação;
Climatizacao;
MaquinaLavarRoupa;
MaquinaSecarRoupa;
MaquinaLavarLoica;

```

**Figura 6.11** - Ficheiro de configuração das prioridades dos equipamentos controláveis

O ficheiro de configuração com as prioridades tem apenas uma lista com o nome de dos equipamentos ou categoria de equipamentos como acontece no caso da iluminação ou climatização e a sua prioridade será dado pelo número da linha, sendo que o equipamento com a prioridade mais alta ficará na primeira linha e os restantes equipamentos ficaram por ordem decrescente de prioridade nas linhas seguintes.

### **6.2.3.3 - Utilização média dos equipamentos**

O utilizador pode inserir no sistema o número médio de vezes que utiliza determinado tipo de equipamentos, nomeadamente as máquinas de lavar roupa, máquina de secar roupa, máquina de lavar loiça, para o algoritmo conseguir fazer um escalonamento mais próximo das necessidades do utilizador e uma estimativa do consumo mais próximo da realidade.

É também necessária informação sobre o número médio de km diários percorridos pelo veículo eléctrico e respectivo consumo médio de forma a suportar um escalonamento com maior exactidão, garantia de um valor mínimo de carga do veículo e uma previsão do consumo energético mensal do veículo.

Informações relativas a dimensão da habitação, número de divisões da casa e número de moradores são também relevantes. Para estimar o consumo do ar condicionado (climatização) dependendo da instalação do mesmo, a dimensão da habitação/divisão é necessária. O número de moradores e o número de divisões da habitação em conjunto com o nível de iluminação pretendido são necessários para efectuar uma previsão do consumo eléctrico mensal da iluminação da casa.

### **6.2.4 - Plano energético e tarifas**

As informações sobre o plano energético que a habitação do utilizador possui são importantes para o funcionamento óptimo do algoritmo. A informação sobre a potência contratada permite ao algoritmo “acomodar” as cargas de forma a não ultrapassar esse limite e provocar um corte energético na habitação. A informação sobre as tarifas energéticas vai permitir ao sistema o cálculo do preço da energia consumida mensalmente (ou semanalmente) da habitação e de cada equipamento. No caso de a tarifa ser bi-horária o escalonador deverá tentar acomodar as cargas dos equipamentos controláveis para o horário em que a tarifa tem um menor custo.

### **6.2.5 - Diagrama de processo de iniciação do algoritmo**

O fluxograma apresentado indica os passos a realizar pelo sistema para a sua iniciação. Todo o processo do algoritmo de previsão vai basear-se na recolha de dados de características de equipamento, horário da casa e preferências do utilizador que foram anteriormente descritas.

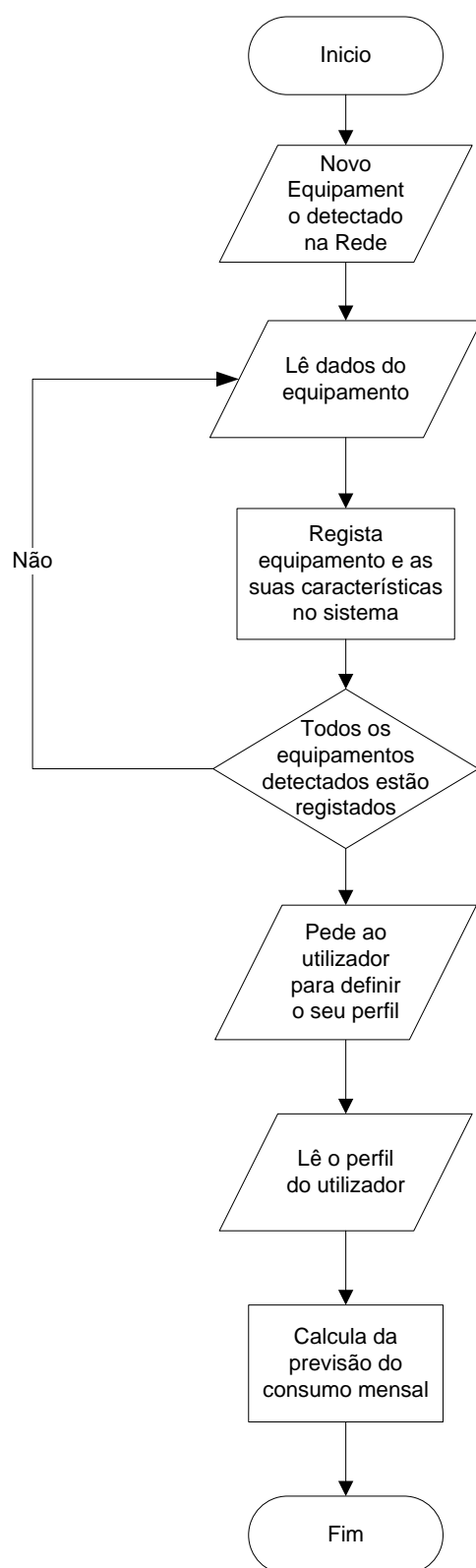


Figura 6.12 - Diagrama de processo de iniciação do algoritmo

Como primeiro passo o sistema recolhe as informações dos electrodomésticos detectados na rede e regista-os no sistema assim como todas as informações relativas ao seu consumo energético, este processo termina quando todos equipamentos na rede estiverem registados, ou seja quando todos os endereços da rede tiverem no sistema um nome associado a esse endereço de rede. Depois de todos os equipamentos estarem devidamente identificados e registado no sistema o utilizador deve introduzir as informações sobre o seu perfil (horário de funcionamento da casa, utilização média de alguns equipamentos), uma vez que esta informação vai possibilitar ao sistema saber o tempo de utilização médio dos equipamentos - o que complementado com a informação do consumo de cada equipamento possibilita a estimativa do consumo energético mensal para apresentar ao utilizador. Esta informação também permite ao sistema efectuar o escalonamento das cargas.

### 6.3 - Escalonador

O escalonador, que é uma função do algoritmo, será o responsável pela acomodação das cargas dos equipamentos controláveis, para isso define/indica as suas horas de utilização. Como primeiro passo o escalonador deve analisar a carga que está a ser utilizada e a potência disponível. Quando existe um pedido para ligar um equipamento, ou seja, quando o utilizador dá ordem ao sistema para ligar máquina de lavar, ou quando é necessário ligar o ar condicionado devido ao horário, se a potência disponível na hora for suficiente para a execução da tarefa durante o tempo de funcionamento do equipamento, o equipamento é ligado. Na tabela do escalonador é adicionado o tempo e a ocupação da carga do equipamento na execução da actividade como se pode observar na figura seguinte.

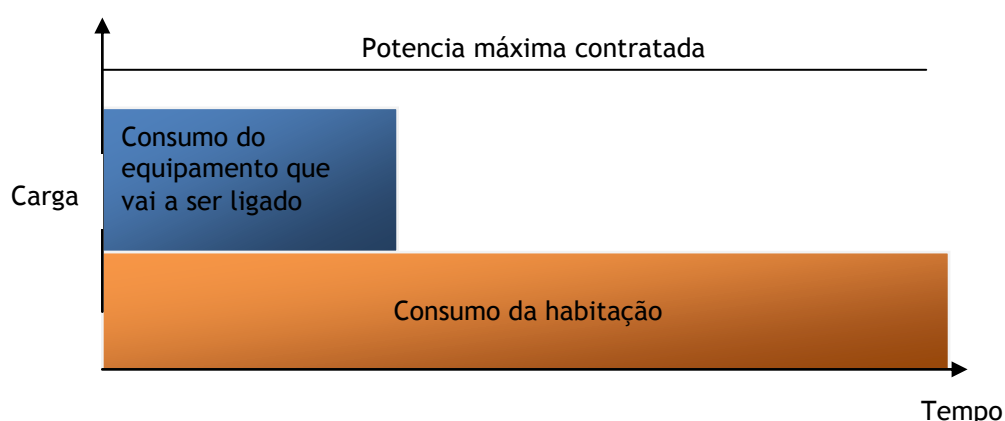
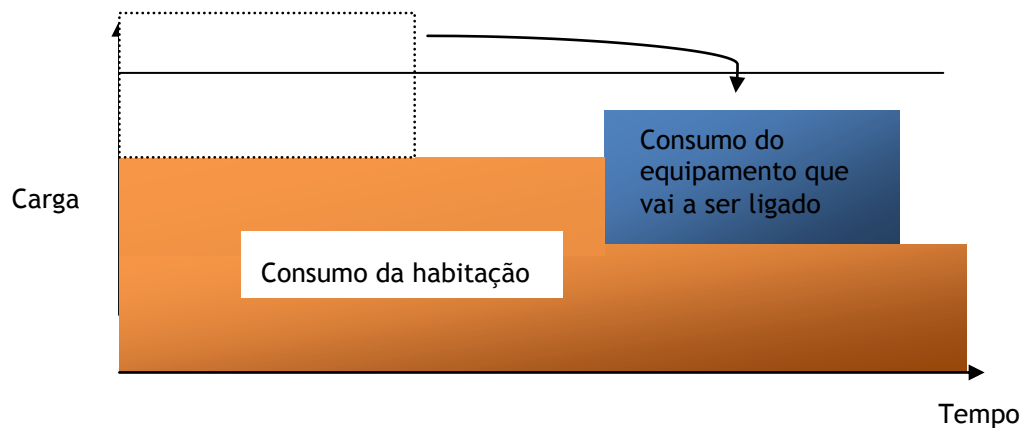


Figura 6.13 - Gráfico de ocupação de carga

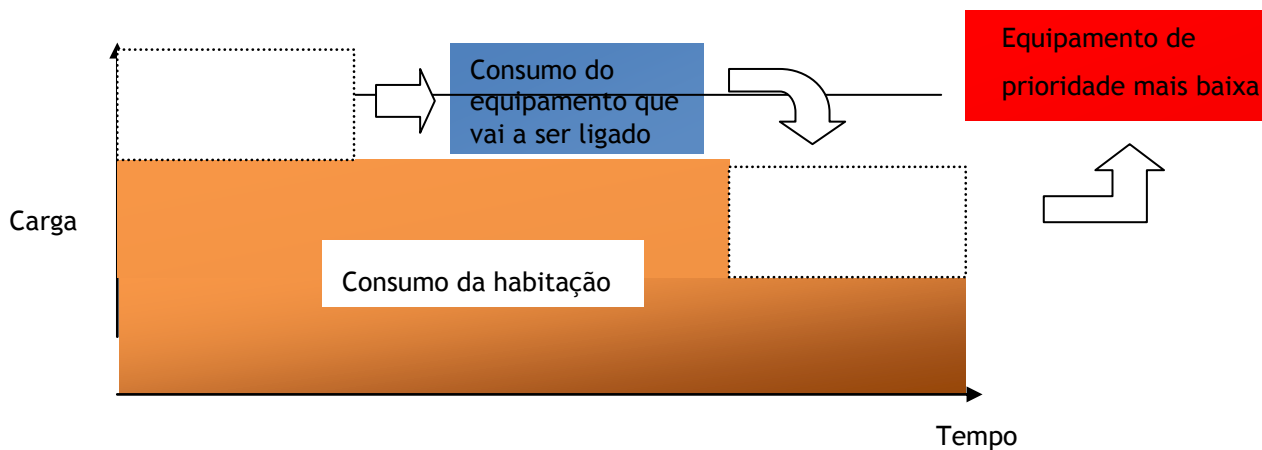
Caso a potência livre no momento não permita a realização da tarefa, o escalonador vai percorrer a tabela onde está registada a previsão da utilização das cargas, até encontrar um “espaço” onde consiga “encaixar” a tarefa do equipamento, ou até encontrar equipamentos

de prioridade mais baixa. Se ao percorrer a tabela e escalonador encontrar um espaço onde consiga alocar a carga necessário para o equipamento realizar a sua tarefa, o sistema agenda a tarefa para a hora encontrada. Pode-se observar a exemplificação do processo na figura seguinte.



**Figura 6.14** - Gráfico de ocupação de carga e com o escalonamento da actividade do equipamento ate encontrar potência suficiente durante o tempo de execução da tarefa.

Caso o algoritmo encontre primeiro um equipamento de prioridade mais baixa, tem de analisar a carga ocupada pelos equipamentos de menor prioridade. Se esta for maior que a carga necessária para o funcionamento do equipamento de prioridade mais alta, os equipamento são retirados da tabela e serão escalonados outra vez, utilizando o mesmo processo. A figura seguinte é uma ilustração este processo.



**Figura 6.15** - Gráfico de ocupação de carga e com o escalonamento da actividade do equipamento quando encontra um equipamento de prioridade mais baixa.

O diagrama seguinte exemplifica todo o processo de escalonamento do sistema que foi anteriormente referido e explicado.



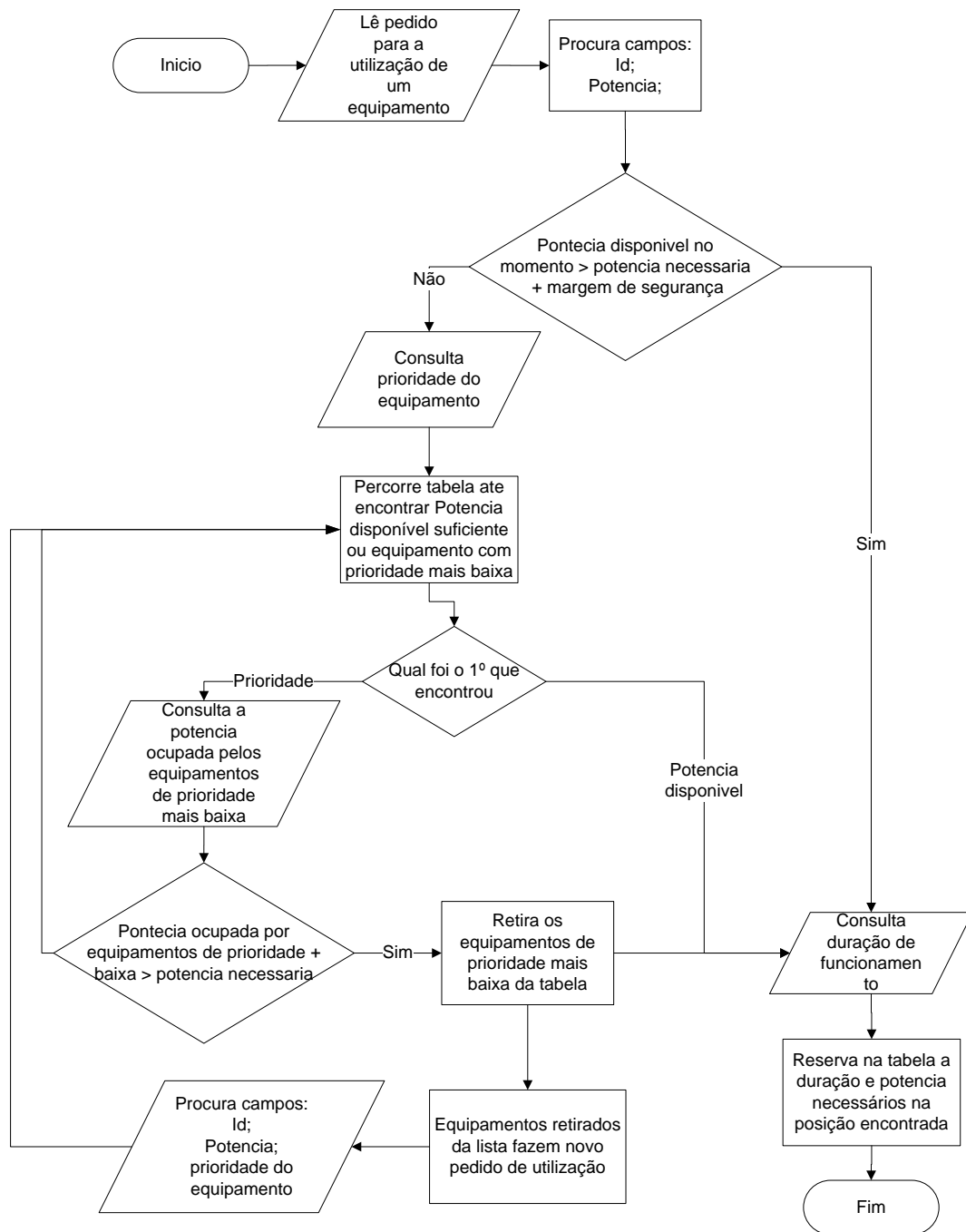


Figura 6.16 - Diagrama do escalonador

O escalonador vai ser uma parte muito importante na gestão do sistema, e como foi possível verificar as prioridades vão desempenhar um papel importante na tarefa de escalonamento. Este sistema teria uma maior relevância no caso de a tarifa ser bi-horário pois permitiria apenas a utilização de certos equipamento em horários que a tarifa seja mais baixa e como tal seria um bom desenvolvimento futuro.

## 6.4 - Buffer

De forma a controlar o custo mensal final da factura de energia e manter o mais constante possível os consumos energéticos diários, foi criado um buffer dedicado à gestão da “acumulação” ou “défice” de energia relativamente ao valor médio ou valor definido pelo utilizador. Com base do custo mensal previsto o sistema vai dividir esse custo pelo número de dias do mês e assim cada dia vai ter um limite previsto para o consumo energético. Como os gastos energéticos diários não são sempre iguais e podem mesmo apresentar uma variação diária relativamente elevada, foi criado este buffer para permitir ao sistema acompanhar esta variação do consumo energético diário e ao mesmo tempo tentar atenuar as variações de consumo diárias. Se o resultado do consumo energético for abaixo do previsto, a diferença entre o previsto e o consumido é armazenado como excedente para utilização futura no buffer. Assim, no final de cada dia, 10% desse valor é retirado do buffer e passa a ser considerado como poupado. Caso se verifique a situação inversa, se o valor do buffer se encontrar negativo, 85% desse valor terá que ser “poupado” nos dias seguintes. Os 85% retirados do buffer serão divididos pelos 7 dias seguintes para não obrigar a uma redução de custos muito agressiva, os restantes 15% mantêm-se no buffer. Estes valores foram inicialmente definidos sem muito rigor e que são passíveis de ser alterados, serão efectuados testes distintos com valores diferentes e o seu resultado será analisado.

## 6.5 - Redução de custos

O método para reduzir os custos tem em conta o peso da prioridade de cada electrodoméstico quando da decisão de reduzir o seu consumo. Existem duas situações em que o sistema pode ter necessidade de reduzir no consumo dos equipamentos. Pode ser por aproximação do consumo instantâneo ao limite de potência contratada, e então o sistema tenta reduzir no consumo de alguns equipamentos, nomeadamente na iluminação e na climatização. A outra acontece quando o valor do buffer se encontra negativo e então é necessário baixar os consumos de alguns equipamentos para atingir os objectivos mensais em termos de custos. De forma a auxiliar a redução do consumo o sistema irá criar um vector com cinco posições para cada equipamento controlável, em que em cada uma dessas posições representa uma percentagem da redução do consumo e o valor contido da respectiva posição do são as definições para a utilização desse equipamento para cumprir essa redução. Pode ser observado um exemplo desse vector na figura seguinte.

0%	10%	20%	30%	40%
100	85	70	55	50

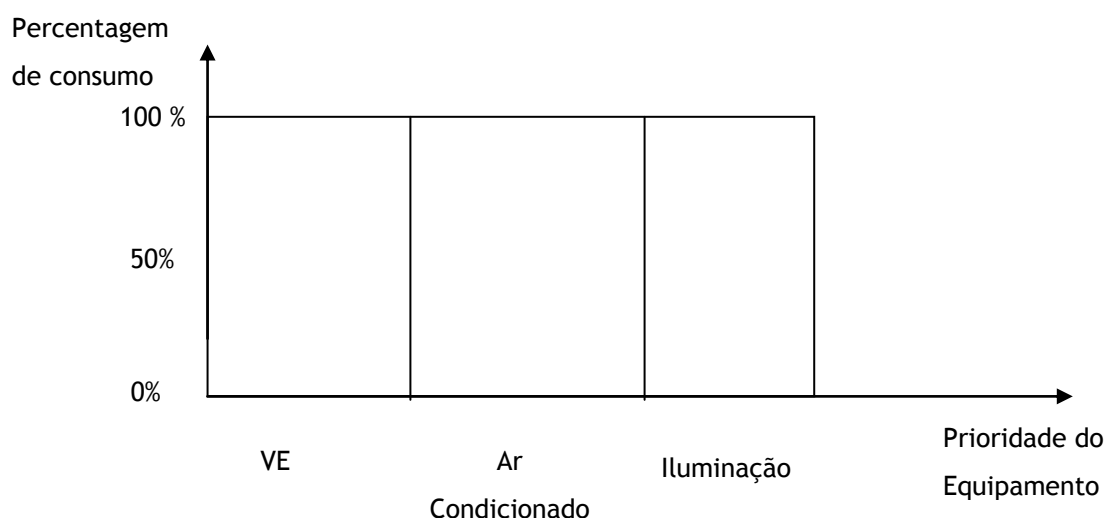
Figura 6.17 - Vector de redução de custos da iluminação.

Como se observa pela figura, o vector contém, em função da percentagem a reduzir, o valor do nível de iluminação que a habitação deve adoptar. O último valor do vector representa a redução máxima que o sistema tem para aquele determinado equipamento, que no caso da iluminação será manter a casa com o nível de 50% do nível de iluminação, evitando assim que seja totalmente desligada pelo algoritmo.

No caso da climatização, o vector deverá conter a temperatura a que corresponde a percentagem de redução e na última posição deverá aparecer o valor zero, que corresponde a desligar o ar condicionado ou outro equipamento de climatização.

Nos restantes casos (máquina de lavar roupa, máquina de lavar loiça, máquina de secar roupa e veículo eléctrico), o sistema não consegue ter o controlo “fino” do equipamento os valores contidos no vector serão dado em forma de avisos ao utilizador, ou seja, cada valor irá conter na mesma os requisitos para baixar o consumo do equipamento, mas serão apresentados ao utilizador através do interface.

Quando houver necessidade de reduzir o consumo energético o método seguinte apresenta os cálculos a efectuar para conseguir obter o valor da percentagem que cada equipamento controlável tem que reduzir.



**Figura 6.18** - Gráfico da percentagem de consumo dos equipamentos em relação a prioridade

- No eixo dos xx teremos os electrodomésticos ordenados pela prioridade e espaçados pela potência de cada um.
- No eixo dos yy temos o tempo de utilização.

#### Como calcular o consumo que deve ser reduzido

Este gráfico apresentado na figura 6.16 representa o consumo de todos os aparelhos sem restrições, ou seja todos os aparelhos a efectuar o consumo de energia previsto pelo sistema. Considerando esse consumo por  $C_p$  (consumo previsto). Se o buffer estiver negativo sistema vai apresentar um valor que representa a redução que o sistema deve ter para atingir o

consumo pretendido  $C_d$  (consumo definido). Então o sistema calcula a percentagem de energia que é necessário reduzir.

Factor de redução de energia:

$$F = 1 - \frac{C_d}{C_p}$$

Este valor vai equivaler a uma percentagem de área do gráfico a reduzir.

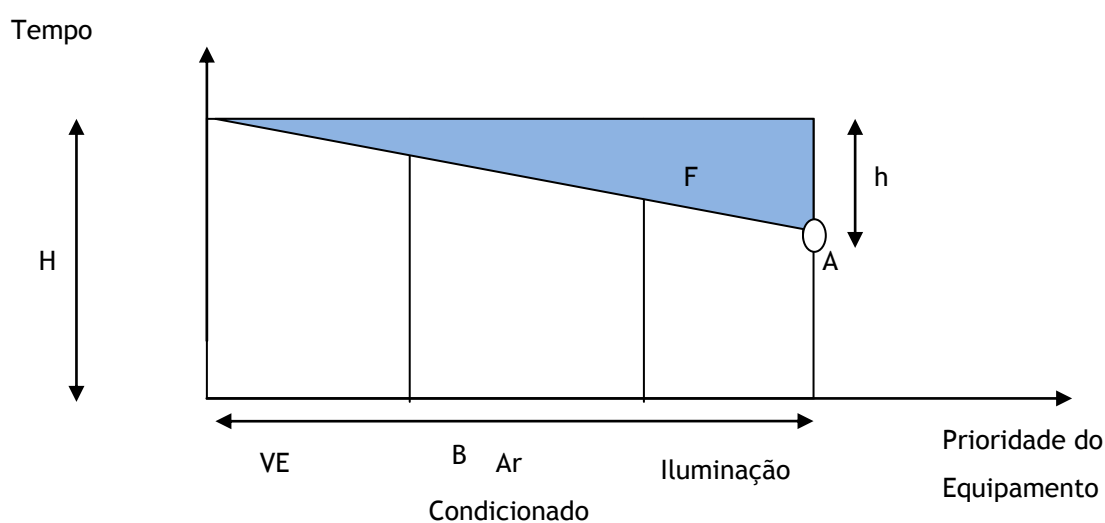


Figura 6.19 - Diagrama do escalonador

Assim resta calcular a equação da recta para encontrar a percentagem do consumo que cada electrodoméstico deve ter.

Área do triângulo:

Seja B igual ao somatório da potência de todos os equipamentos controláveis

H igual a percentagem máxima

$$B * H * F = \frac{B * h}{2} \quad \Rightarrow \quad h = 2 * H * F$$

Equação da recta

$$y = mx + b$$

No ponto A temos:

$$y = H - 2HF$$

$$x = B$$

$$b = H$$

Substituindo na equação da recta

$$H - 2HF = mB + H \Rightarrow -2HF = mB \Rightarrow$$

$$m = -2HF/B$$

Assim temos a equação da recta o que nos permite calcular o consumo que cada aparelho deve ter.

## 6.6 - Simulador

Nesta secção vai ser descrito de forma simples o funcionamento do simulador elaborado para efectuar os testes ao algoritmo.

Para testar as funcionalidades e métodos acima descritos foi criado um programa em Java capaz de simular o algoritmo. O algoritmo recolhe as informações dos equipamentos que estão em ficheiros XML, um ficheiro para cada equipamento, estes ficheiros encontram-se todos dentro de uma pasta e o sistema considera todos os ficheiros da pasta como equipamentos da habitação. É guardado num vector o nome do equipamento e o respectivo nome do ficheiro para facilitar as tarefas de consulta das características de determinado equipamento. Os ficheiros de configuração também são armazenados em formato TXT numa pasta e consultados sempre que necessários pelo simulador, a organização de cada ficheiro já foi descrita anteriormente neste capítulo.

O simulador no seu funcionamento começa por identificar os equipamentos presentes, e as configurações presentes nos ficheiros. Seguidamente a lista de equipamentos é enviada a uma classe chamada consumo, que com base no horário configurado e na utilização média de alguns equipamentos retorna o consumo previsto de cada equipamento e o consumo mensal. Depois desta estimativa o programa vai ler os ficheiros TXT e as informações sobre o horário de utilização de cada equipamento, a estrutura destes foi organizada do seguinte modo, cada coluna representa um equipamento e cada linha representa 15 minutos de um dia, esta matriz é preenchida com zeros e uns, sendo que os zeros representam o equipamento desligado e o um representa o equipamento ligado, estes ficheiros podem ser consultados no anexo X. Cada ficheiro destes representa um dia de simulação. Durante esta recolha de dados sobre o funcionamento dos equipamentos existem mecanismos de leitura de consumo que actuam dependendo da situação. No caso da carga a ser utilizada ser próxima do limite de potência contratada o simulador, com base nas prioridades, se existirem equipamentos capazes de serem escalonados, a classe “escalonamento” efectua o respectivo escalonamento, se não existirem não equipamentos em funcionamento capazes de serem

escalonados, a classe “vector” que calcula um vector com os valores de redução que os equipamentos devem realizar. No final de cada ficheiro de dados da utilização dos equipamentos o programa invoca a classe “controlo” e passa-lhe os valores do consumo realizado naquele dia, e o consumo previsto ou pretendido. Esta classe actualiza o buffer de acordo com estes valores, se o buffer for positivo e apenas actualizado o valor que é poupado durante o mês, caso seja negativo é chamada a classe “reducao” que vai calcular a redução que os equipamentos deveram ter para ser atingido o objectivo mensal definido ou estimado. Este processo é repetido até ao final da simulação.

# Capítulo 7

## Testes e resultados

Neste capítulo apresentam-se inicialmente os testes a realizar de forma a validar o algoritmo - em primeiro lugar testes de componentes do sistema e de seguida testes relativos aos cenários identificados para efeito de simulação. No final serão apresentados os resultados obtidos e a sua análise.

### 7.1 - Cenários de teste

Nesta secção são apresentados cenários de teste que permitem validar o algoritmo implementado em Java. Os testes são divididos em três tipos: testes isolados de cada módulo implementado, testes gerais com diferentes pedidos mas com a geração dos mesmos feitos de uma forma controlada e por fim testes gerais a partir de pedidos originados de forma aleatória.

#### 7.1.1 - Testes dos módulos implementados

Nesta secção são apresentados os diferentes cenários que vão ser simulados de forma a testar os módulos implementados.

##### 7.1.1.1 - Recolha de dados

Neste teste pretende-se verificar se o sistema é capaz de identificar os diversos equipamentos, estabelecer um perfil do utilizador e calcular o respectivo consumo previsto para cada combinação de equipamentos e perfis de utilizador.

#### **7.1.1.2 - Escalonamento**

O objectivo deste teste é verificar o escalonamento feito pelo algoritmo com base nas prioridades dos equipamentos controláveis e na carga disponível. O objectivo é verificar se o sistema consegue adiar o funcionamento de alguns equipamentos respeitando as prioridades de cada um sem nunca ultrapassar o limite de potência contratada quando vários equipamentos recebem ordem de funcionamento em simultâneo. É também testada a resposta do algoritmo em caso de activação de equipamentos com prioridade mais elevada durante o funcionamento de equipamentos com prioridade mais baixa.

#### **7.1.1.3 - Redução de carga para evitar ultrapassar o limite de potência contratada.**

Neste teste será verificada a resposta do sistema quando a carga que está a ser utilizada pela habitação ultrapassar o limite máximo de potência contratada. Pretende-se observar as reduções efectuadas pelo algoritmo nas cargas que estão a ser utilizadas pelos equipamentos controláveis (principalmente na iluminação e na climatização).

#### **7.1.1.4 - Resposta do *buffer***

Neste teste pretende-se observar o comportamento do buffer e a sua importância no controlo do consumo eléctrico da habitação. O teste é efectuado nas duas situações extremas, quando o consumo é demasiado baixo e quando o consumo é demasiado elevado, e são observadas as “consequências” na utilização de alguns equipamentos.

### **7.1.2 - Testes gerais em diversos cenários**

Nesta secção pretende-se observar o comportamento geral do sistema através de uma simulação com os dados gerados de uma forma controlada.

#### **7.1.2.1 - Utilizador “normal”**

Neste teste pretende-se observar o comportamento do algoritmo no caso de um utilizador que tenha um perfil e o comportamento normal do que diz respeito ao consumo energético da habitação durante um ano.



### **7.1.2.2 - Teste do sistema em sobrecarga**

O objectivo deste cenário é sobrecarregar o sistema com um excesso de utilização dos equipamentos, além da previsão do algoritmo. Com este teste pretende-se observar a capacidade de escalonamento das cargas, redução de cargas (dos equipamentos que é possível controlar) em casos de iminência de ultrapassagem da potência máxima contratada e a aprendizagem do algoritmo no cálculo da previsão do consumo.

### **7.1.2.3 - Situação de falha de energia durante uma utilização normal**

Com este teste pretende-se verificar a resposta do sistema quando existe uma falha de energia, ou seja, verificar a carga nas baterias do veículo eléctrico e dependendo da quantidade de energia observar as decisões tomadas pelo algoritmo.

### **7.1.2.4 - Situação de quebra de energia durante uma utilização em sobrecarga**

O objectivo deste teste é muito semelhante ao anterior, com condições de utilização dos equipamentos mais desfavoráveis.

### **7.1.3 - Teste de utilização com cenários aleatórios**

Neste teste pretende-se avaliar o comportamento do algoritmo em diversas situações que podem surgir, durante o dia-a-dia. O tempo de simulação será de um mês de forma a poder observar as diversas situações possíveis e o respectivo comportamento do algoritmo.

Para efectuar estes testes, são criados ficheiros de entrada com os dados sobre o horário de funcionamento de cada equipamento; cada ficheiro possui diferentes tipos de utilização desde uma utilização reduzida de equipamentos (férias), uma utilização normal, ou uma utilização em sobrecarga. Nestes ficheiros também estão incluídas as falhas de energia. Na simulação serão introduzidos estes ficheiros aleatoriamente no programa para observar o comportamento do sistema (ao longo de um mês).

## **7.2 - Testes e Resultados**

Nesta secção são apresentados os resultados obtidos através da simulação dos cenários de teste descritos na secção 7.1.

### 7.2.1 - Testes aos módulos implementados

Para efectuar este teste é definido um conjunto de equipamentos base e um perfil de utilizador base, sendo observada a previsão do consumo. A lista de equipamentos para testar os módulos implementados pode ser observada na tabela seguinte.

**Tabela 7.1 – Lista de equipamentos.**

Nome	Potência (W)
Ar condicionado	-
Lâmpada (tipo 1)	14
Lâmpada (tipo 2)	40
Frigorífico	200
Máquina de Lavar Roupa	-
Máquina de Lavar Loiça	-
Máquina de Secar Roupa	-
Televisão	150
Veículo Eléctrico	3300

Esta lista foi elaborada de forma a ter o mínimo de equipamentos possíveis e ao mesmo tempo conseguir tirar partido de todas as funcionalidades dos sistemas. Foram escolhidos os equipamentos controláveis, já que o algoritmo foi pensado principalmente para a sua gestão, incluindo as funcionalidades de escalonamento ou controlo de carga. As lâmpadas foram escolhidas para testar o controlo do nível de luminosidade; apenas as lâmpadas de 40W oferecem a possibilidade de fazer *dimming* que será útil para cumprir o nível de luminosidade que o utilizador definiu se usar a sua potencia máxima, ou em situações de redução de carga será possível diminuir a intensidade se necessário. A televisão introduz os consumos em *stand-by* no caso de estar desligada e acrescenta alguma imprevisibilidade no consumo energético na estimativa do consumo energético mensal. O frigorífico foi escolhido para demonstrar que o sistema diferencia os equipamentos por categorias para prever o seu tempo de funcionamento.

#### 7.2.1.1 - Recolha de dados

##### 7.2.1.1.1 - 1º Teste

Para testar a recolha de dados e a estimativa do consumo mensal da habitação foram introduzidos o horário da casa, as preferências sobre a temperatura e iluminação. Também é definida a utilização média das máquinas de lavar roupa, secar roupa e lavar loiça assim

como os seus programas de utilização e os quilómetros médios diários efectuados pelo veículo eléctrico. Na tabela seguinte pode ser observado o horário da casa e preferências para cada estado.

**Tabela 7.2 — Horário da habitação.**

Hora	Estado	Temperatura	Iluminação
0:00-07:00	Dormir	0	60%
07:00-09:00	Casa	21 °C	90%
09:00-18:00	Fora	0	0
18:00-24:00	Casa	21 °	90%

Como se pode observar foi definido uma temperatura de 21°C e um nível de iluminação de 90% para o horário de permanência do utilizador em casa. O sistema define automaticamente o nível de iluminação e a temperatura para zero, ou seja desligado, para o horário de ausência do utilizador da habitação de forma a evitar gastos desnecessários. Para o período em que o utilizador se encontra a dormir foi definido um nível de iluminação diferente para testar a capacidade do algoritmo distinguir os diferentes estados, e fazer a previsão do consumo com base neles.

A tabela seguinte apresenta as utilizações médias e as definições de utilização das máquinas e os quilómetros médios do veículo eléctrico.

**Tabela 7.3 — Definições das Máquinas e Quilómetros médios do VE**

Hora	Máquina de lavar roupa	Máquina de lavar loiça	Máquina de secar roupa	Veículo eléctrico
Programa	5	1	5	-
Temperatura	60°C	-	-	-
Rotação	-	-	1000	-
Carga	-	Cheio	-	-
Número de utilizações	1 vez por semana	De 2 em 2 dias	1 vez por semana	Todos os dias
Número de quilómetros diários	-	-	-	20

O tarifário inserido no sistema é o tarifário em vigor da EDP

**Tabela 7.4 – Tarifário**

Tarifa	0. 1326€ Por kWh
Encargo	8.80€
Potencia contratada	5.75kW

Estes valores foram escolhidos sem um critério rigoroso; o objectivo principal deste teste é recolher estas informações, e estes valores apenas servem para completar toda a informação necessária para a estimativa do consumo médio mensal.

**Tabela 7.5 – Estimativa do consumo mensal**

	Consumo diário (Wh)	Consumo mensal (Wh)
Consumo do veículo eléctrico	-	72600
Consumo da máquina de Lavar Roupa	-	7700
Consumo da máquina de Secar Roupa	-	6120
Consumo da máquina de Lavar Loiça	-	37500
Consumo do ar condicionado	12240	367200
Consumo do frigorífico	4800	144000
Consumo do Lâmpada (24W)	210	6300
Consumo do Lâmpada (40W)	456	13680
Consumo do Televisão	2250	67500
Consumo em <i>stand-by</i> :	90	2700
Consumo energético Total:	24176	725300
<b>Custo Mensal:</b>		<b>103,13 €</b>

Como se pode observar na tabela 7.4 os equipamentos que apenas têm utilizações periódicas não têm o consumo médio diário na tabela; como estes equipamentos não são utilizados todos os dias o algoritmo apenas calcula o seu consumo mensal. Como seria de esperar os equipamentos com maior consumo mensal são o ar condicionado e o frigorífico, já que o ar condicionado requer uma grande potência para o seu funcionamento, cerca de 1500W, e deverá funcionar cerca de 8h por dia, o que dá um consumo diário de 12.24 kWh; o frigorífico, apesar de ter um consumo baixo (200Wh), como está em funcionamento permanente terá um consumo diário elevado.

#### 7.2.1.1.2 -2º Teste

Neste teste vão ser alterados alguns parâmetros que o utilizador pode definir e observar os resultados dessas pequenas alterações.

Tabela 7.6 – Horário da habitação.

Hora	Estado	Temperatura	Iluminação
0:00-07:00	Dormir	0	90%
07:00-09:00	Casa	21 °C	90%
09:00-14:00	Fora	0	0
14:00-24:00	Casa	21 °	90%

Neste teste foi definido um número superior de horas de permanência em casa e um nível de iluminação mais elevado no período em que o utilizador estará a dormir.

Tabela 7.7 – Definições das Máquinas e Quilómetros médios do VE

Hora	Máquina de lavar roupa	Máquina de lavar loiça	Máquina de secar roupa	Veículo eléctrico
Programa	7	1	8	-
Temperatura	60°C	-	-	-
Rotação	-	-	1200	-
Carga	-	Meio	-	-
Número de utilizações	1 vez por semana	De 2 em 2 dias	1 Vez por semana	Todos os dias
Número de quilómetros diários	-	-	-	40

Foram alterados também os parâmetros de funcionamento das máquinas e do veículo eléctrico de modo a verificar as alterações que vão ser provocados na estimativa do consumo médio mensal.

Tabela 7.8 – Estimativa do consumo mensal

	Consumo diário (Wh)	Consumo mensal (Wh)
Consumo do veículo eléctrico	-	145200
Consumo da máquina de Lavar Roupa	-	3500
Consumo da máquina de Secar Roupa	-	7560
Consumo da máquina de Lavar Loiça	-	30000
Consumo do ar condicionado por dia	18360	550800
Consumo do frigorífico	4800	144000
Consumo do Lâmpada	266	7980
Consumo do Lâmpada	600	18000
Consumo do Televisão	2850	85500
Consumo em <i>stand-by</i> :	50	1500
Consumo energético total:	33134	994040
<b>Custo Mensal:</b>		<b>137,7 €</b>

Como seria de esperar o consumo do ar condicionado aumentou já que o tempo de permanência do utilizador na habitação também aumentou; o mesmo acontece no caso da iluminação (lâmpadas) e da televisão. Ao mesmo tempo o consumo em *stand-by* é menor, isto porque o algoritmo prevê um maior aumento do tempo de funcionamento da televisão e consequentemente um menor número de horas em *stand-by*. O consumo energético mensal aumentou para o dobro do valor calculado no 1º teste devido ao número de quilómetros médios efectuados diariamente ser 2 vezes maior. Os valores do consumo das máquinas variaram de acordo com os parâmetros que o algoritmo encontra nos ficheiros<sup>1</sup> XML das máquinas.

### 7.2.1.2 - Escalonamento

Para testar o módulo que é responsável pelo escalonamento das tarefas dos equipamentos controláveis foi decidido programar o funcionamento de todos para a mesma hora e observar o comportamento do algoritmo. No segundo teste, para testar a robustez do sistema, é simulada uma sobrecarga do sistema e verifica-se que os limites de potência contratados são cumpridos.

<sup>1</sup> Em anexo encontram-se os ficheiros XML utilizados nos testes

### 7.2.1.2.1 -1º Teste

Neste primeiro teste vai ser definido como limite de potência máxima contratada 6.8kW, desta forma o algoritmo irá efectuar o escalonamento de cargas para nunca ultrapassar este limite.

Tabela 7.9 – Lista de prioridades

Equipamento
Veículo eléctrico
Iluminação
Climatização
Máquina Secar Roupa
Máquina Lavar Roupa
<u>Máquina Lavar Loiça</u>

As prioridades do sistema estão organizadas de forma descendente, sendo que a prioridade mais alta está no topo da tabela (veículo eléctrico) e a prioridade mais baixa está no fundo da tabela (máquina de lavar loiça).

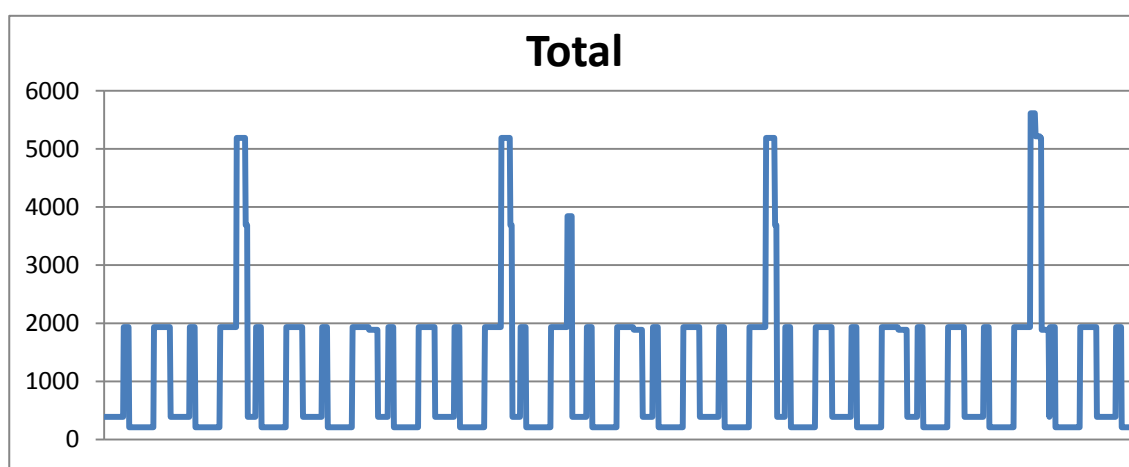


Figura 7.1 - Gráfico da potência consumida previsto pelo escalonador

Na figura anterior pode observar-se a previsão da potência consumida em resultado do escalonamento (já com as tarefas todas escalonadas) para um período de 15 dias e verifica-se que a potência nunca ultrapassa o limite máximo de potência contratada, que neste teste é de 6.8kW, de referir que os picos de potência exibidos no gráfico representam o carregamento do veículo eléctrico. Na figura seguinte pode observar-se com mais detalhe o escalonamento efectuado quando o sistema tem agendado o funcionamento de todas as tarefas para entrar em funcionamento ao mesmo tempo, ou seja, todos os equipamentos têm agendado o início de funcionamento para as 0:00 horas.

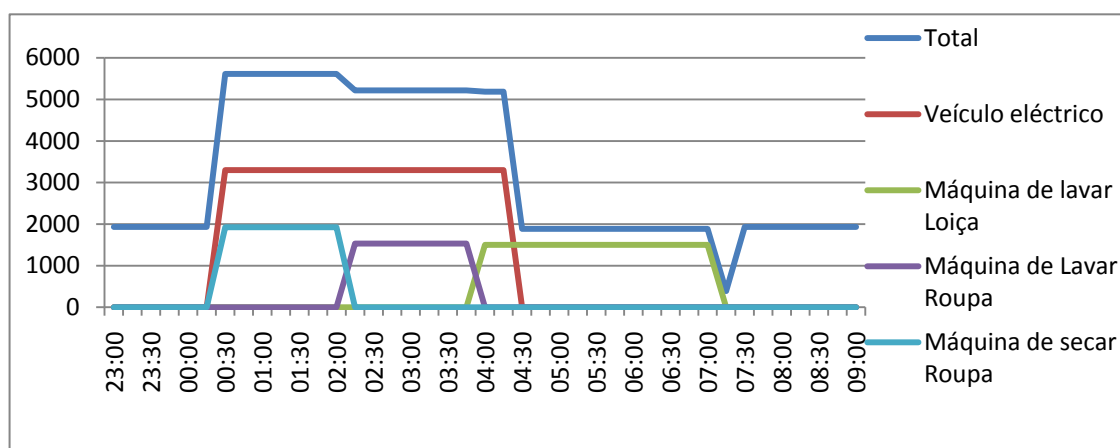


Figura 7.2 - Gráfico com as cargas escalonadas de cada equipamento de acordo com as prioridades

Verifica-se que o sistema apenas deu início ao funcionamento do veículo eléctrico e da máquina de secar roupa às 0:00 para não ultrapassar o limite máximo de potência contratada. Assim que a máquina de secar roupa acabe a sua tarefa, como existe potência disponível, o sistema coloca em funcionamento o equipamento seguinte com prioridade mais alta, que neste caso é a máquina de lavar roupa (e que pode ser escalonada sem ultrapassar a potência contratada - caso contrário tentar-se-ia escalonar o equipamento seguinte na lista de prioridades); este processo repete-se até todas as tarefas estarem concluídas.

#### 7.2.1.2.2 -2º Teste

Neste teste pretende-se simular uma sobrecarga, ou seja, uma situação em que o sistema está muito próximo do limite máximo de potência contratada. Foi decidido baixar a potência contratada para 3.8kW que é pouco mais que os 3.3kW necessários para carregar o veículo eléctrico. A lista de prioridades é a mesma que foi usada no primeiro teste.

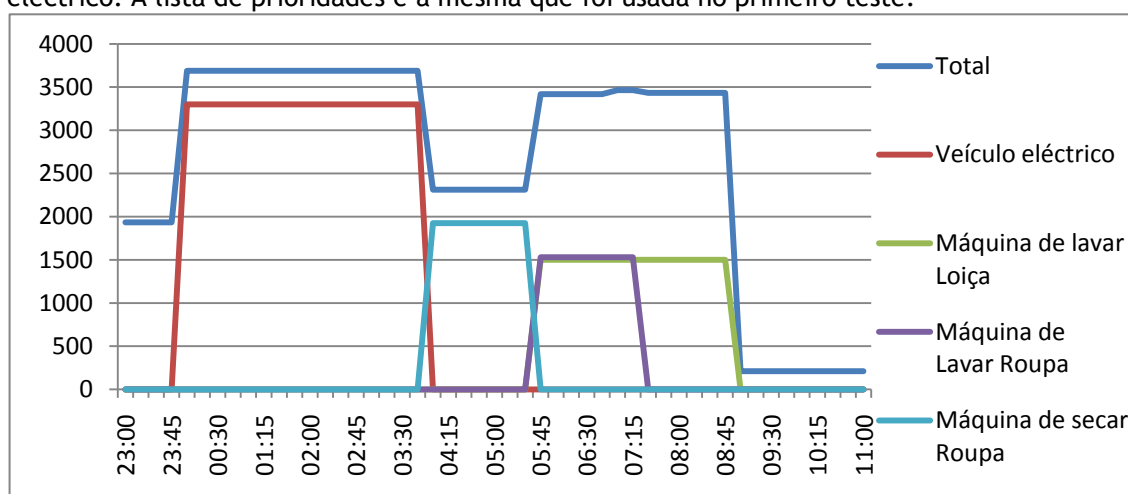


Figura 7.3 - Gráfico com as cargas escalonadas de cada equipamento de acordo com as prioridades.

Neste teste podemos verificar que o algoritmo não coloca em funcionamento mais que uma tarefa em simultâneo, excepto no caso da máquina de lavar roupa e máquina de lavar



loição, uma vez que a potência combinada das duas é igual a 3030 (1500+1530), para não ultrapassar o limite máximo de potência contratada. Verifica-se que a entrada em funcionamento dos equipamentos está de acordo com as prioridades estabelecidas anteriormente.

### 7.2.1.3 - Redução de carga

Neste teste pretende-se verificar a eficácia do módulo de redução de carga, em situações de iminência de ultrapassar o limite de potência contratado. No primeiro teste foi simulada uma “ultrapassagem” ligeira do limite máximo de potência contratada, e no segundo teste será uma “ultrapassagem” mais forte.

Tabela 7.10 – Lista de equipamentos.

Nome	Potência (W)
Lâmpada	14
Lâmpada	20
Lâmpada	23
Lâmpada	25
Lâmpada	40
Lâmpada	40
Lâmpada	40
Lâmpada	55
Lâmpada	60
Lâmpada	60
Lâmpada	60
Lâmpada	80
Frigorífico	200
Máquina de Lavar Roupa	-
Máquina de Lavar Loiça	-
Máquina de Secar Roupa	-
Televisão	150
Veículo Eléctrico	3300

Para estes testes foram acrescentadas à lista de equipamentos mais lâmpadas para ser mais notório o efeito da redução da carga, já que este vai incidir principalmente sobre a climatização e a iluminação. Na tabela anterior pode-se observar a lista de equipamentos incluídos neste teste.

### 7.2.1.3.1 -1º Teste

Para este teste foi escolhido um limite de potência de 4.1kW ligeiramente abaixo do consumo instantâneo do veículo eléctrico e das lâmpadas quando estão todas em funcionamento mais o consumo do frigorífico que se encontra em funcionamento permanente.

$$3300 + 14 + 20 + 23 + 25 + 40 + 40 + 40 + 55 + 60 + 60 + 60 + 80 + 200 = 4017W$$

Nesse período a televisão também entrará em funcionamento para observar as diferentes reduções na carga para evitar que o limite de potência máximo seja ultrapassado.

**Tabela 7.11 – Lista de prioridades**

<u>Equipamento</u>
Veículo Eléctrico
Iluminação
Climatização
Máquina Secar Roupas
Máquina Lavar Roupas
<u>Máquina Lavar Louça</u>

As prioridades para a redução da carga no sistema estão indicadas na tabela, tal como no teste ao escalonador.

**Tabela 7.12 – Redução da carga efectuada pelo algoritmo na iluminação**

<u>Hora</u>	<u>Consumo total sem a redução (W)</u>	<u>Redução (W)</u>	<u>Redução (%)</u>	<u>Consumo total (W)</u>
00:00	4122	76	40%	4046
00:15	3918	0	0%	3918
00:30	4068	22	10%	4046
00:45	4122	76	40%	4046
01:00	4068	22	10%	4046
01:15	4122	76	40%	4046
01:30	4068	22	10%	4046
01:45	4122	76	40%	4046
02:00	4068	22	10%	4046
02:15	4122	76	40%	4046
02:30	3918	0	0%	3918
02:45	3864	0	0%	3864
03:00	3864	0	0%	3864
03:15	4122	76	40%	4046
03:30	3918	0	0%	3918
03:45	4122	76	40%	4046

Como podemos observar na tabela anterior verifica-se que o sistema comporta-se de maneira diferente dependendo da redução necessária. Quanto maior for a diferença entre a potência máxima contratada e o consumo que iria ser realizado, maior será a redução que o sistema irá realizar na carga a ser utilizada.

### 7.2.1.3.2 -2º Teste

Neste teste foi incluído o ar condicionado e pretende-se verificar a redução de carga no ar condicionado, e para forçar esse acontecimento foi definido que a potência contratada seria de 2kW. Com isto espera-se que entre as 7h e as 9h o algoritmo actue sobre a carga a ser utilizada pelo ar condicionado já que nesse período se estima que o consumo seja

$$14 + 20 + 23 + 25 + 40 + 40 + 40 + 55 + 60 + 60 + 60 + 80 + 200 + 1500 = 2217W$$

Neste período estão em funcionamento as lâmpadas, o frigorífico e a televisão terá uma utilização irregular. Relembrar que as prioridades para esta simulação estão definidas na tabela 7.8.

**Tabela 7.13** – Redução da carga efectuada pelo algoritmo na climatização

Hora	Consumo total sem a redução (W)	Redução (W)	Redução (%)	Consumo total (W)
07:00	2177	180	2	1997
07:15	2213	270	3	1943
07:30	2213	270	3	1943
07:45	1991			1991
08:00	1991			1991
08:15	1991			1991
08:30	2213	270	3	1943
08:45	2027	90	1	1937
09:00	461			461

Como esperado o algoritmo na iminência de atingir o limite máximo de potência contratada reduz a carga a ser utilizada pela habitação, que neste caso recaiu sobre o ar condicionado. De acordo com as prioridades definidas o algoritmo tentou 1º reduzir a carga no ar condicionado antes de tentar reduzir na iluminação, visto que a prioridade do ar condicionado é mais baixa, e como a redução de carga no ar condicionado foi suficiente o algoritmo não tem necessidade de reduzir a iluminação.

### 7.2.1.3.3 -3º Teste

O objectivo deste teste é observar um corte mais agressivo efectuado pelo sistema. A potência contratada será novamente 700W e a potência a ser consumida será neste caso:

$$14 + 20 + 23 + 25 + 40 + 40 + 40 + 55 + 60 + 60 + 60 + 80 + 200 + 1500 = 2217W$$

Como se pode observar o valor 2217W de potência instantânea é muito mais elevado que os 700W de potência contratada, é esperado que o sistema actue sobre o ar condicionado e sobre a iluminação na tentativa de não atingir o limite de potência. As prioridades usadas nesta simulação são as mesmas do teste anterior (Tabela 7.8).

**Tabela 7.14** – Redução da carga efectuada pelo algoritmo na climatização e na iluminação

		Climatização		Iluminação		Consumo total (W)
Hora	Consumo total sem redução (W)	Redução (W)	Redução (%)	Redução (W)	Redução (%)	
07:00	2177	1500	Desligado	0	0%	647
07:15	2213	1500	Desligado	35	20%	648
07:30	2213	1500	Desligado	35	20%	648
07:45	1991	1500	Desligado	0	0%	461
08:00	1991	1500	Desligado	0	0%	461
08:15	1991	1500	Desligado	0	0%	461
08:30	2213	1500	Desligado	35	20%	648
08:45	2027	1500	Desligado	0	0%	497
09:00	461	1500	Desligado	0	0%	647

Como era esperado o algoritmo começa por reduzir a carga utilizada pelo ar condicionado. Como neste teste a diferença entre a potência instantânea e o limite máximo era superior à potência consumida pelo ar condicionado, a abordagem foi mais agressiva, o que significou que o ar condicionado não fosse ligado. Como a potência instantânea em alguns instantes ainda era superior, o algoritmo passou para o equipamento controlável seguinte com maior prioridade, que é a iluminação. Neste caso foi só necessária uma pequena redução de 35W, que significou uma diminuição na iluminação de 20%.

### 7.2.1.4 - Buffer

Neste teste pretende-se verificar o funcionamento do *buffer* e a sua importância na contenção de custos e inclusive alguma poupança no orçamento no final do mês. No primeiro teste verifica-se a capacidade de poupança do *buffer* enquanto no segundo teste vai ser

testada a capacidade de contenção de custos do *buffer*. Os testes serão apenas efectuados para um mês, porque no final de cada mês o *buffer* é esvaziado.

#### 7.2.1.4.1 -1º Teste

Neste primeiro teste foram reduzidas as utilizações dos equipamentos de forma a que o consumo diário seja sempre inferior ao consumo estimado pelo algoritmo e como tal pretende-se observar o crescimento do *buffer* assim como o valor que o sistema dá como poupado.

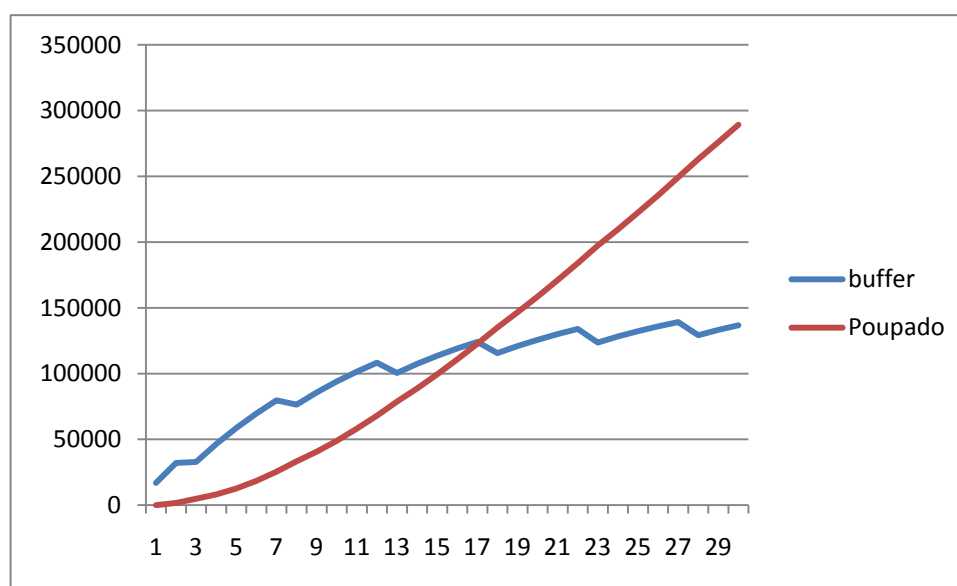


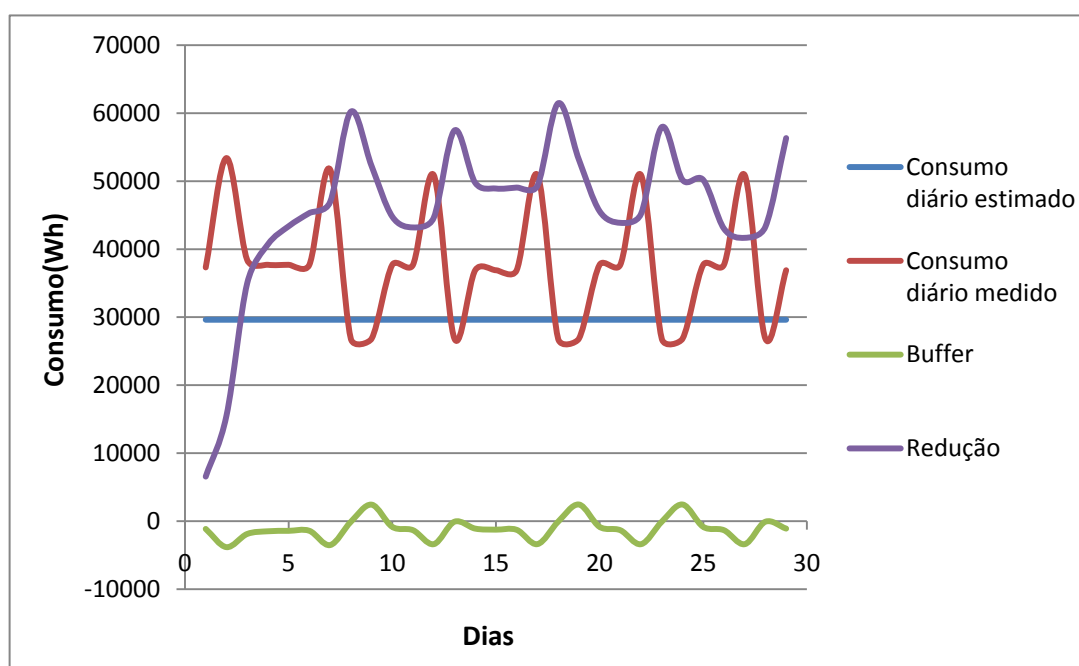
Figura 7.4 - Gráfico com a evolução do *buffer* e do valor poupado.

Como podemos observar o crescimento do *buffer* ao longo do mês tende a estabilizar nos 150kWh, isto porque com o método de poupança introduzido para poupar o sistema “esquece-se” do consumo poupado anteriormente para evitar que o utilizador o utilize o valor do *buffer* de forma indevida, e ao mesmo tempo consiga introduzir alguma poupança na gestão da casa. Pode se verificar que à medida que a ocupação do *buffer* aumenta, o valor adicionado ao vector “Poupado” também aumenta.

#### 7.2.1.4.2 -2º Teste

Para este teste será vão ser aumentadas as utilizações dos equipamentos de forma a ultrapassar o consumo previsto e verificar o efeito que isto vai provocar no *buffer*, mas principalmente na tentativa de redução de custos que o sistema irá efectuar. Neste teste para aumentar o consumo diário vai ser utilizado diariamente todas as máquinas, e o limite de potência contratada vai ser aumentado para o 6.9kW para não limitar o uso das máquinas.

Neste teste pretende-se observar o comportamento do buffer no controlo do consumo energético mensal no caso de o utilizador efectuar uma utilização excessiva dos equipamentos. É esperado quanto maior for o consumo acima do previsto maior será a redução no consumo imposta pelo buffer. Lembra que 85% do valor consumido em “excesso” é reduzido pelo sistema nos 7 dias seguintes e este assinalado com o nome “Redução” na figura seguinte.



**Figura 7.5** - Gráfico com a evolução do consumo medido, “buffer”, e Redução

Como se pode observar no gráfico anterior, consumo diário médio sofre diminuição em função do valor “Redução”, ou seja quanto maior for o valor “Redução” maior é a diminuição no consumo médio diário. Podemos observar claramente esse efeito nos picos em que o valor “redução” mais elevado, nesses pontos o valor do consumo médio sofre uma diminuição acentuada. A redução do consumo de cada equipamento está representada na figura seguinte.

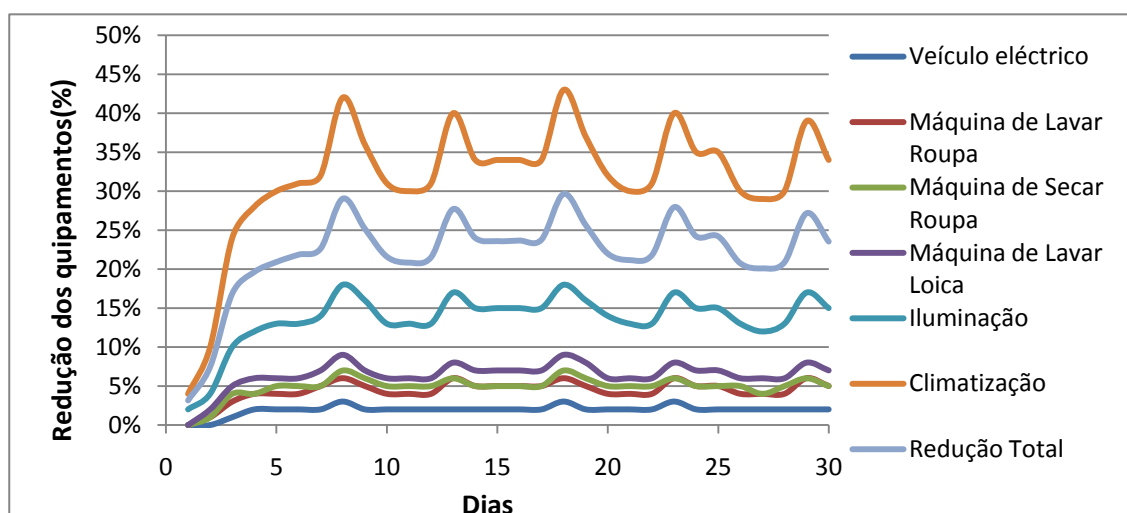


Figura 7.6 - Gráfico com as percentagens calculadas pelo algoritmo que cada equipamento deve reduzir de forma a atingir o objectivo de gastos mensais.

Podemos verificar que a redução calculada pelo algoritmo de cada equipamento não é igual e varia de acordo com a prioridade, quanto mais baixa for a prioridade do equipamento maior será a percentagem na redução do seu consumo. De referir que o algoritmo apenas tem controlo sobre a redução de consumo na iluminação e na climatização e como tal, só foram efectuadas reduções nos equipamentos responsáveis pela climatização e iluminação. Devido a este factor a controlo na redução do consumo em equipamentos como as máquinas de ou o veículo eléctrico torna-se deficiente, pois é necessária intervenção do utilizador para esta redução.

### 7.2.2 - Testes gerais em diversos cenários

Nesta secção pretende-se observar o comportamento geral do sistema através de uma simulação com os dados de sobre o funcionamento gerados de uma forma controlada. Para os testes seguintes foi definida a seguinte lista de equipamentos que se aproxima de uma casa real.

Tabela 7.15 – Lista de equipamentos.

Nome	Potencia (W)
Ar condicionado	-
Aspirador	100
Box TvCabo	40
Candeeiro	45
Computador	250
Consola	175
Ferro de engomar	1000
Frigorifico	200

Impressora	100
Lâmpada	14
Lâmpada	20
Lâmpada	23
Lâmpada	25
Lâmpada	40
Lâmpada	40
Lâmpada	55
Lâmpada	60
Lâmpada	60
Lâmpada	80
Leitor de DVD	40
Máquina de Lavar Roupa	-
Máquina de Lavar Louça	-
Máquina de Secar Roupa	-
Sistema de Som	150
Televisão	150
<b>Veículo Eléctrico</b>	<b>3300</b>

O horário da habitação a ser utilizado para os próximos testes será o seguinte.

**Tabela 7.16 — Horário da habitação.**

Hora	Estado	Temperatura	Iluminação
0:00-07:00	Dormir	0	50%
07:00-09:00	Casa	21 °C	90%
09:00-18:00	Fora	0	0
18:00-24:00	Casa	21 °	90%

O perfil do utilizador a ser que vai ser usado nos próximos testes está indicado na tabela seguinte.



Tabela 7.17 – Definições das Máquinas e Quilómetros médios do VE

Hora	Máquina de lavar Roupa	Máquina de lavar loiça	Máquina de Secar Roupa	Veículo Eléctrico
Programa	5	1	5	-
Temperatura	60°C	-	-	-
Rotação	-	-	1000	-
Carga	-	Cheio	-	-
Número de utilizações	1 Vez por semana	De 2 em 2 dias	1 Vez por semana	Todos os dias
Número de quilómetros diários	-	-	-	20

O plano energético foi escolhido através da EDP e foi escolhida esta potência máxima contratada para conseguir carregar o veículo eléctrico e utilizar outros equipamentos sem atingir o limite máximo de potência contratada.

Tabela 7.18 – Tarifário

Tarifa	0. 1326€ Por kWh
Encargo	8.80€
Potencia contratada	5.75kW

Para os seguintes testes foi definido como objectivo mensal um limite máximo no custo da factura energética de 120€.

#### 7.2.2.1 - Utilizador “normal”

Neste teste vai ser simulado um utilizador dito “normal” com as suas rotinas diárias bem definidas, para isso foi criado um ficheiro com o horário de funcionamento de cada equipamento<sup>2</sup>. Podemos observar a estimativa do consumo energético da habitação para o perfil e equipamentos definidos na tabela seguinte.

<sup>2</sup> Em anexo encontram-se os ficheiros com as definições da habitação usadas nos testes

Tabela 7.19 – Consumo estimado pelo Sistema

	Consumo diário (Wh)	Consumo mensal (Wh)
Consumo do veículo eléctrico	-	72600
Consumo da máquina de Lavar Roupa	-	7700
Consumo da máquina de Secar Roupa	-	6120
Consumo da máquina de Lavar Loiça	-	37500
Consumo do ar condicionado	12240	367200
Consumo do aspirador	22500	675000
Consumo do boxtvcabo	600	18000
Consumo do candeeiro	675	20250
Consumo do computador	3750	112500
Consumo da consola	2625	78750
Consumo do ferro de engomar	15000	450000
Consumo do frigorífico	4800	144000
Consumo da impressora	1500	45000
Consumo da iluminação	4283	128490
Consumo do leitor de DVD	600	18000
Consumo do sistema de som	2250	67500
Consumo do Televisão	2250	67500
Consumo em stand-by	441	13230
Consumo energético Total		2478350
<b>Custo Mensal:</b>		<b>310,65€</b>

Na tabela anterior podemos observar a previsão e do consumo de cada equipamento e o custo mensal dessa mesma previsão. A estimativa do algoritmo sobre a factura e custo energético mensal apresenta um erro enorme relativamente ao consumo realizado, que foi de 123.36€ (960kWh), isto deve-se ao facto do algoritmo não conhecer os hábitos energéticos do utilizador no primeiro mês. As estimativas sobre o consumo energético tendem a melhorar por cada mês de utilização já que o algoritmo tende em “aprender” os hábitos sobre o consumo energético do utilizador para calcular a previsão do consumo para o mês o seguinte. No gráfico seguinte está representado o consumo diário pretendido e a evolução do Buffer e do consumo médio diário.

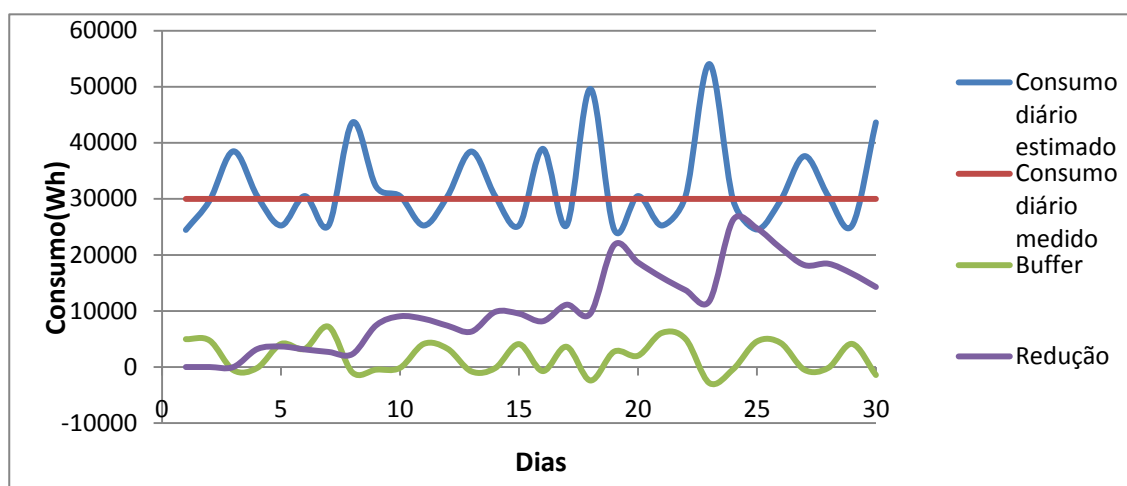


Figura 7.7 - Gráfico com a evolução do consumo medido, “buffer”, e Redução

Na figura anterior pode-se observar a evolução diária do consumo efectuado pela habitação. É importante referir que os picos de consumo no gráfico são originados pelo carregamento do veículo eléctrico e/ou utilizações das máquinas de lavar roupa, secar roupa e lavar loiça. Verifica-se que o consumo medido oscila em torno do consumo pretendido pelo utilizador, e que sempre que o consumo diário medido for superior ao estabelecido o valor a reduzir no consumo aumenta, e consequentemente a percentagem de redução que o algoritmo estabelece para cada equipamento também como se pode observar na figura seguinte.

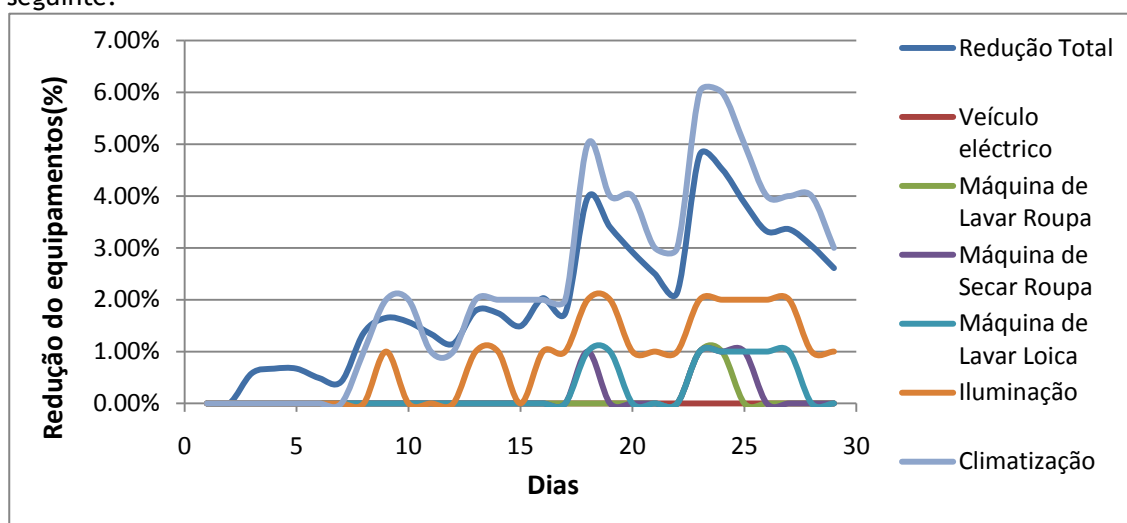


Figura 7.8 - Gráfico com as percentagens calculadas pelo algoritmo que cada equipamento deve reduzir de forma a atingir o objectivo de gastos mensais.

Como se pode observar no gráfico a percentagem de redução em cada equipamento é relativamente baixa e os efeitos práticos na redução do consumo só se fazem notar no ar condicionado (climatização). Na figura seguinte podemos observar a redução da carga no ar condicionado.

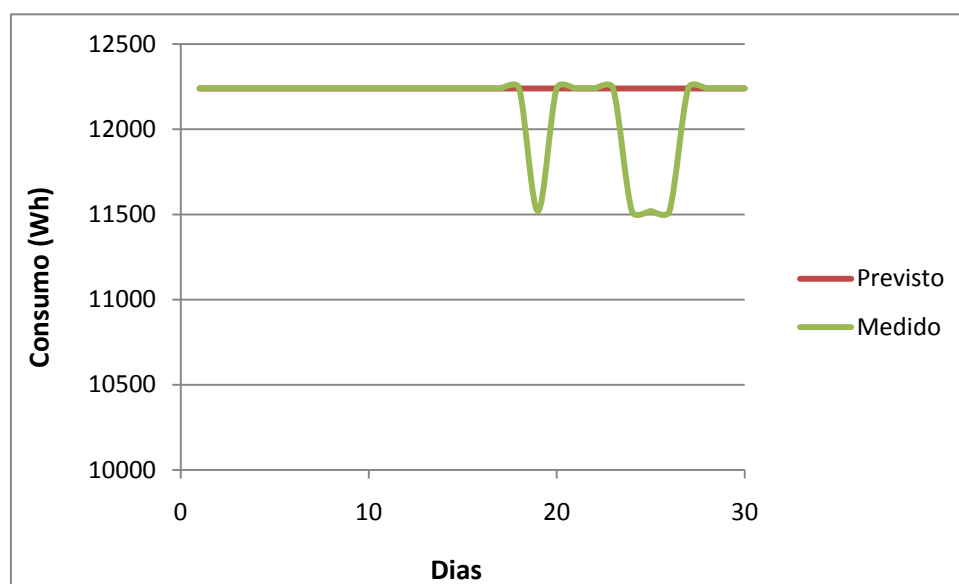


Figura 7.9 - Gráfico com a redução do consumo energético efectuado no ar condicionado

Tal como se pode observar no gráfico anterior a redução do ar condicionado e muito baixa, o consumo diário do ar condicionado previsto é de 12.2kWh, e quando houve necessidade de redução no consumo o algoritmo aumentou a temperatura em 1°C que fez o ar condicionado reduzir o consumo diário para os 11.5kWh, equivalente a uma redução 6% o necessário para respeitar a redução estabelecida pelo algoritmo. A Sistema não efectua qualquer redução na iluminação já que este apresenta um valor muito baixo a reduzir, cerca de 2%, que equivale a 86Wh por dia, que num consumo médio de 30kWh dia desprezável.

#### 7.2.2.2 - Teste do sistema em sobrecarga

Neste teste o sistema vai ser sobrecarregado com um excesso de utilização dos equipamentos, neste caso vai ser programada a utilização de 3 vezes por dia das máquinas de lavar roupa, secar roupa e lavar loiça, que vai provocar um consumo muito superior ao previsto inicialmente pelo algoritmo. Com este teste pretende-se observar a capacidade de escalonamento das cargas, redução de cargas (de equipamentos que consiga controlar) em casos de eminência de ultrapassagem da potência máxima contratada. Na figura seguinte é possível observar o gráfico do consumo diário da habitação ao longo de um mês.

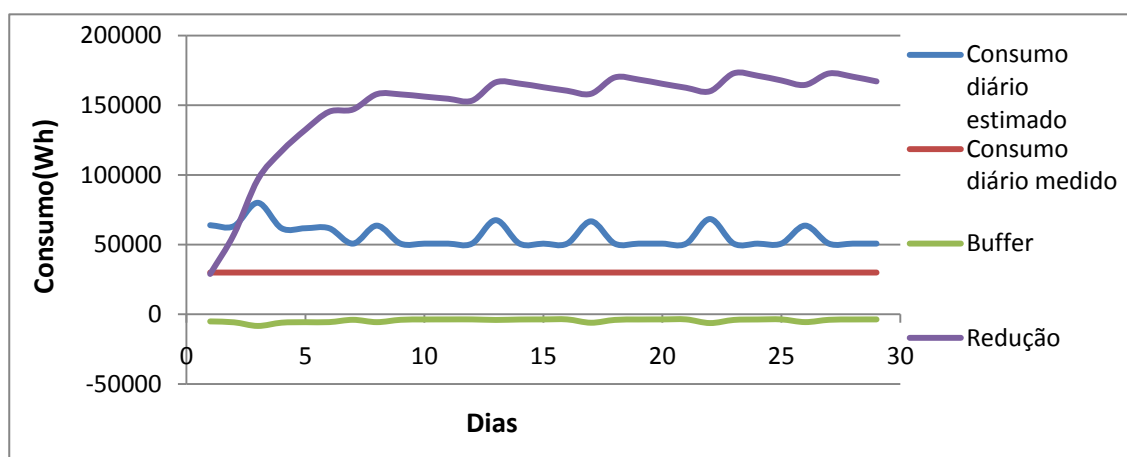


Figura 7.10 - Gráfico com a evolução do consumo medido, “buffer”, e Redução

Como se pode observar no gráfico anterior o consumo medido situa-se nos 50kWh diários que é muito superior aos 30kWh desejados pelo utilizador, também se pode observar o crescimento do valor “Redução” durante os primeiros 7 dias do mês e a estabilizar por volta dos 150kWh. Os picos de consumo que ocorrem de 5 em 5 dias são devido ao carregamento do veículo eléctrico nesses dias. A redução dos equipamentos calculada pelo sistema pode ser observada na figura seguinte.

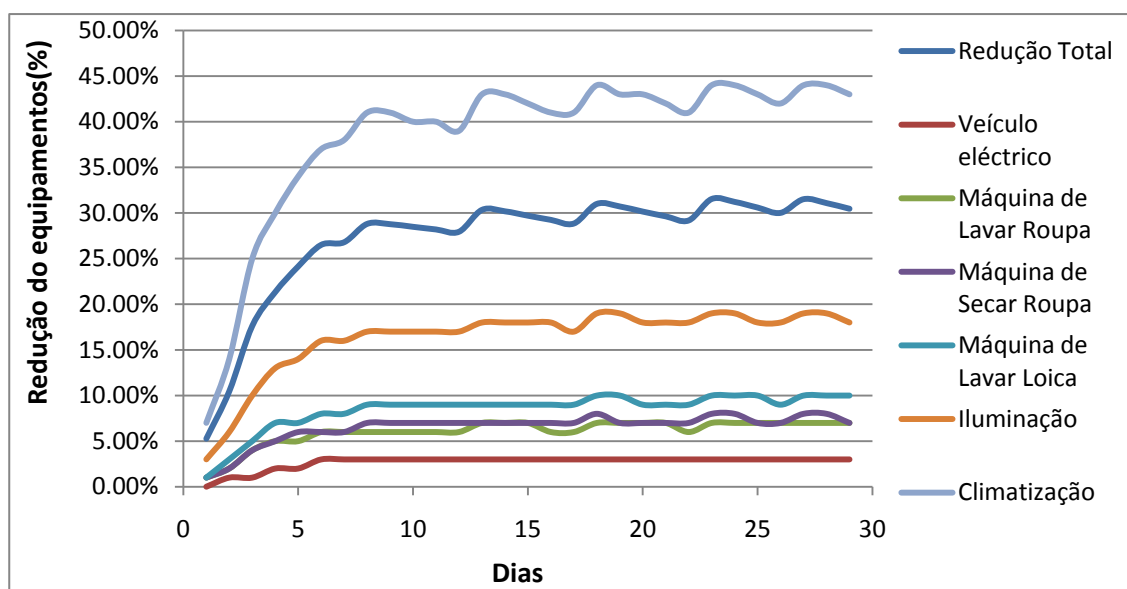


Figura 7.11 - Gráfico com as percentagens calculadas pelo algoritmo que cada equipamento deve reduzir de forma a atingir o objectivo de gastos mensais.

Como se pode observar as percentagens de redução por equipamento tem a sua evolução idêntica ao curva do valor a reduzir e como esperado, a percentagem de redução de cada equipamento está relacionada com a sua prioridade e com seu peso no consumo médio mensal. A redução dos equipamentos que o sistema tem controlo na redução de carga esta apresentado na figura seguinte.

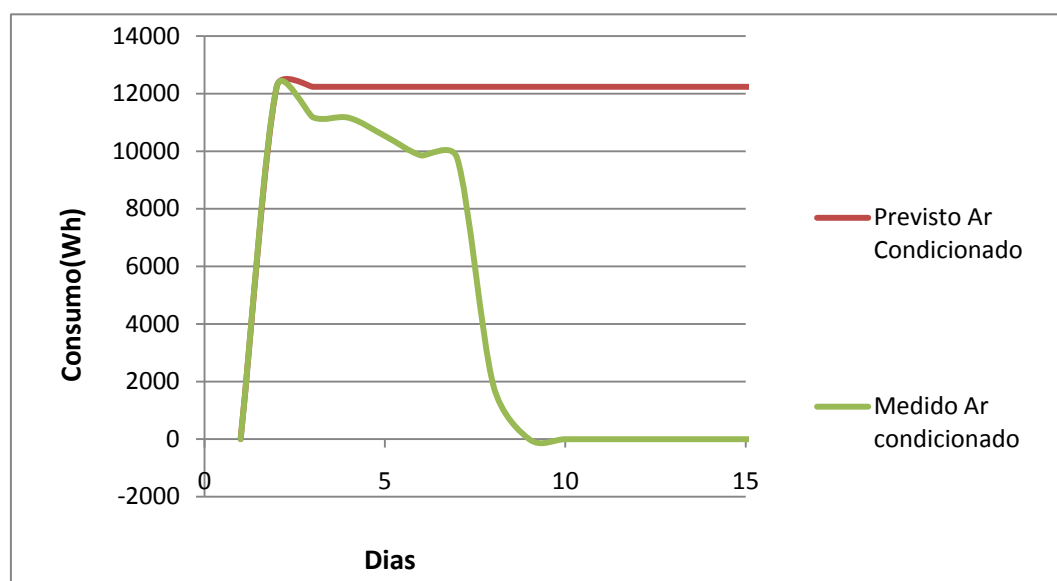


Figura 7.12 - Gráfico com a redução de consumo definida efectuada pelo algoritmo para o ar condicionado.

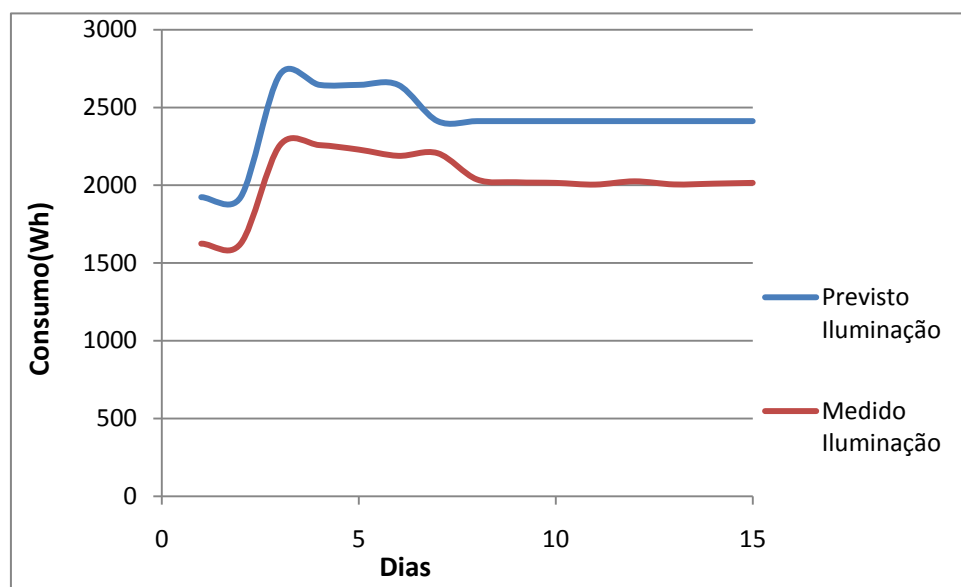


Figura 7.13 - Gráfico com a redução de consumo definida efectuada pelo algoritmo para a iluminação

Nos gráficos acima apresentados podemos observar a redução do consumo comparativamente com o consumo que deveria ter acontecido em situações normais. No caso do ar condicionado o algoritmo determina que este fosse desligado devido ao consumo elevado, enquanto na iluminação, o nível de luminosidade é reduzido ao mínimo de 50% o que equivale a uma redução de 40%, pode-se comprovar que o valor reduzido na iluminação como seria de esperar respeita o valor estipulado pelo sistema, visto que diminui dos 2500Wh para os 2000Wh, que equivale a 20% que vai de encontro ao definido pelo sistema.

### 7.2.2.3 - Situação de falha de energia durante uma utilização normal

Neste teste pretende-se verificar a resposta do sistema quando existe uma falha de energia, ou seja, verificar a carga nas baterias do veículo eléctrico e dependendo da quantidade de energia observar as decisões tomadas pelo algoritmo. Para tal foram programadas 3 falhas de energia durante o mês em horários diferentes e condições diferentes para observar o comportamento do algoritmo a situação de emergência.

O primeiro corte energético foi efectuado para o segundo dia do mês durante o funcionamento da Máquina de Lavar loiça. Para um melhor compreensão do comportamento do algoritmo vão ser transcritas algumas linhas dos logs gerados pelo simulador.

A primeira falha de energia ocorreu no dia um do mês as 0:45 como indicado a seguir.

Hora 0:30:

MaquinaLavarLoica Consumo instantaneo: 2251

Neste registo podemos observar os equipamentos em funcionamento que podem ser escalonáveis e o consumo instantâneo da habitação em watts.

Hora 0:45:

MaquinaLavarLoica EM ESPERA!!! CORTE DE ENERGIA - Consumo da bateria do VE: 689 Carga restante:  
14271 Reducao: 18W na iluminação => diminuicao de 20 % de luminosidade devido ao corte de energia

Hora 1:0:

MaquinaLavarLoica EM ESPERA!!! CORTE DE ENERGIA - Consumo da bateria do VE: 1086 Carga restante:  
13185 Redução: 39W na iluminação => diminuição de 20 % de luminosidade devido ao corte de energia

Hora 1:15:

MaquinaLavarLoica EM ESPERA!!! CORTE DE ENERGIA - Consumo da bateria do VE: 734 Carga restante:  
12451 Redução: 50W na iluminação => diminuição de 20 % de luminosidade devido ao corte de energia

Nos registos retirados do simulador podemos observar as acções tomadas pelo sistema e as informações sobre o estado da bateria e reduções de consumo efectuadas. No primeiro campo vem a informação de que a Máquina de Lavar Loiça se encontra em espera, no segundo campo de informação vem o motivo para o sistema ter colocado em espera o equipamento, que neste caso é corte de energia. No campo seguinte vem a informação do estado da bateria do veículo eléctrico e as medidas tomadas para prolongar a duração da

bateria. Relembrar que estas medidas são tomadas de acordo com o estado da bateria, quanto menor for a carga na bateria, maior será a redução imposta pelo algoritmo.

Hora 1:30:

MaquinaLavarLoicaConsumo instantaneo: 1836

Podemos verificar que a 1:30 o sistema voltou a normalidade já que o registo não indica qualquer informação de corte energético.

O segundo corte energético ocorreu a 01:45 do dia 6. Nesse instante encontravam-se em funcionamento 2 equipamentos com possibilidades de ser escalonáveis como se pode observar no registo a seguir.

Hora 1:30:

MaquinaLavarRoupa MáquinasecarRoupa Consumo instantaneo: 3791

Hora 1:45:

MaquinaLavarRoupa EM ESPERA!!! MáquinasecarRoupa EM ESPERA!!! CORTE DE ENERGIA - Consumo da  
bateria do VE: 715 Carga restante: 13805 Redução: 64W na iluminação => diminuição de 20 % de  
luminosidade devido ao corte de energia

Hora 2:0:

MaquinaLavarRoupa EM ESPERA!!! MáquinasecarRoupa EM ESPERA!!! CORTE DE ENERGIA - Consumo da  
bateria do VE: 646 Carga restante: 13159 Redução: 98W na iluminação => diminuição de 20 % de  
luminosidade devido ao corte de energia

Hora 2:15:

MaquinaLavarRoupa EM ESPERA!!! MáquinasecarRoupa EM ESPERA!!! CORTE DE ENERGIA - Consumo da  
bateria do VE: 1175 Carga restante: 11984 Redução: 119W na iluminação => diminuição de 30 %  
de luminosidade devido ao corte de energia

Hora 2:30:

MaquinaLavarRoupa MáquinasecarRoupa Consumo instantaneo: 3731



Neste registo pode ser observar que o algoritmo tornou-se mais agressivo na redução do consumo energético diminuindo a intensidade da iluminação em 30%, que anteriormente se encontrava nos 20%. Esta diminuição aconteceu devido a bateria atingir um estado mais crítico que levou o algoritmo a tomar medidas para prolongar a sua duração.

O terceiro corte energético ocorreu no dia 18 as 20:30 com carga na bateria do veículo eléctrico muito perto do limite mínimo para efectuar a percurso do dia seguinte.

Hora 20:15:

Consumo instantaneo: 2466

Hora 20:30:

CORTE DE ENERGIA - Consumo da bateria do VE: 1194 Carga restante: 3506 Redução: 152W na iluminação => diminuição de 40 % de luminosidade ar condicionado => DESLIGADO!!! devido ao corte de energia

Como se pode observar devido a carga na bateria do Veículo eléctrico ser muito reduzida o sistema toma medidas muito agressivas que consiste na redução em 40% do nível de iluminação ficando o nível de luminosidade reduzido a 50% que é o mínimo definido pelo algoritmo, o ar condicionado também é desligado.

Hora 20:45:

Bateria para:35km ou 1 dias Tempo de carregamento:248 min DESLIGADO

Hora 21:0:

Bateria para:35km ou 1 dias Tempo de carregamento:248 min DESLIGADO

Hora 21:15:

Bateria para:35km ou 1 dias Tempo de carregamento:248 min DESLIGADO

Nos 3 registos acima transcritos pode-se verificar que o sistema devido a carga na bateria ser apenas suficiente para efectuar um percurso diário o sistema deixa de recorrer a bateria e toda a habitação fica sem energia. No registo podemos observar a duração da bateria em função dos quilómetros e o tempo de carregamento, e a frente vem a informação de que toda a casa se encontra sem energia através da palavra desligado onde normalmente estaria o consumo instantâneo.

Hora 21:30:

Bateria para:35km ou 1 dias Tempo de carregamento:248 min Consumo instantaneo: 5324

Podemos verificar que as 21:30 há a retoma de energia, quando a informação do tempo de carregamento e exibida nos registos significa que o veículo eléctrico começa a ser carregado.

### 7.2.3 - Teste de utilização com cenários aleatórios

Neste teste pretende-se avaliar o comportamento do algoritmo em diversas situações que podem surgir, durante o dia-a-dia.

Para efectuar estes testes, foram criados ficheiros de entrada com os dados sobre o horário de funcionamento de cada equipamento, cada ficheiro irá possuir diferentes tipos de utilização desde uma utilização reduzida de equipamentos, uma utilização normal, ou uma utilização em sobrecarga. Nestes ficheiros também estarão incluídas as falhas de energia. Na simulação serão introduzidos estes ficheiros aleatoriamente no programa e observar o comportamento e desde ao longo de um mes.

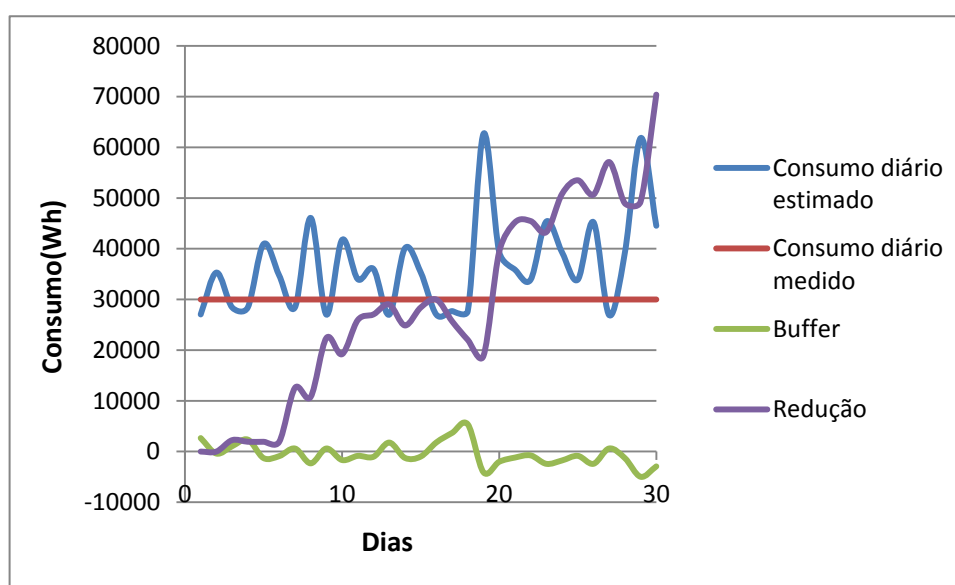
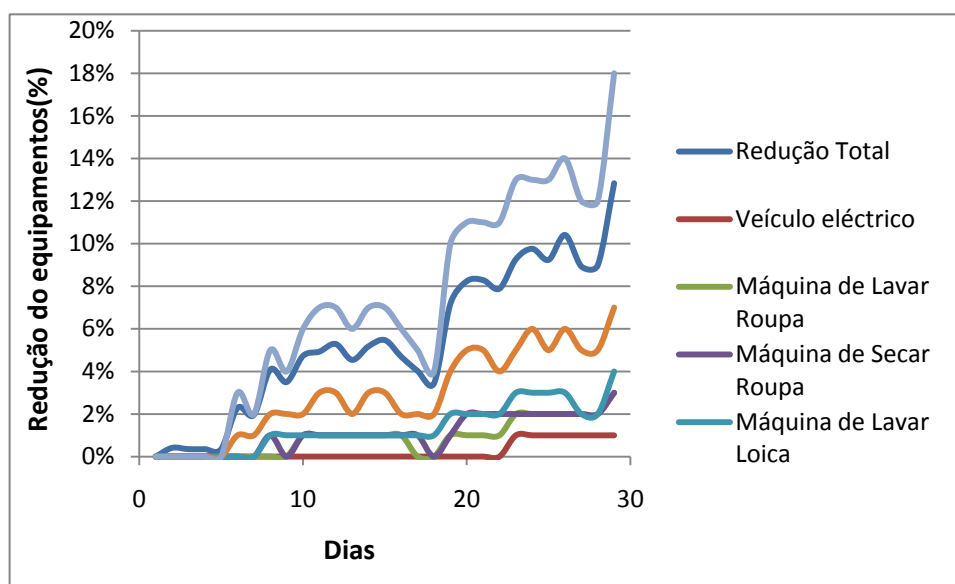


Figura 7.14 - Gráfico com a evolução do consumo medido, “buffer”, e Redução

Podemos observar no gráfico um comportamento completamente aleatório sem nenhum padrão definido assim como o esperado devido aos resultados de entrada. O consumo mensal deste mês simulado foi de 141.48€, cerca de 20€ acima do estipulado pelo utilizador, este facto deveu-se ao número elevado de utilizações das máquinas, mais 2 utilizações de cada máquina do que o definido pelo utilizador. Os 2 picos que se observam claramente por volta do dia 19 e dia 28, devem-se ao facto de haver a utilização das 3 máquinas e o carregamento do veículo eléctrico que vai provocar um aumento significativo no consumo do dia.



**Figura 7.15** - Gráfico com as percentagens calculadas pelo algoritmo que cada equipamento deve reduzir de forma a atingir o objectivo de gastos mensais.

Como podemos observar neste teste o consumo excessivo das máquinas representa um aumento significativo do custo mensal, e como o sistema não tem controlo directo sobre estes equipamentos a sua tentativa de diminuir os custos não é de todo 100% efectiva. Outro factor que não permite ao sistema um melhor controlo de custos e o facto do consumo excessivo acontecer nos últimos dias do mês e como o algoritmo foi projectado para fazer uma redução de custos suave, ou seja o valor a ser reduzido e dividido pelos 7 dias seguintes, não há tempo suficiente para efectuar a redução.



## Capítulo 8

### Conclusão

Os objectivos deste trabalho eram desenvolver um sistema capaz de analisar as configurações do utilizador, o preço da energia a cada instante assim como potência contratada, recolher os dados de consumo energético de diversos equipamentos domésticos, para poder escalonar a utilização dos equipamentos e efectuar a previsão de consumo.

Neste trabalho foi criado e testado um algoritmo capaz de analisar diversas configurações do utilizador, sendo as principais, o horário da casa, o número de km efectuados pelo veículo eléctrico diariamente, a iluminação e climatização pretendida para a casa e as utilizações médias da máquina de lavar roupa, máquina de secar roupa e máquina de secar roupa. Não foi possível criar um método capaz de analisar a variação do preço da energia e com base neste mesmo preço efectuar um escalonamento adequado de forma a reduzir os gastos financeiros em alguns dos equipamentos. Foi desenvolvido um método em que os equipamentos comunicam as suas características ao sistema de gestão, como a potência necessária ao seu funcionamento ou a duração das suas actividades que permite ao sistema uma maior facilidade de planear ou escalonar as suas utilizações. Foi também desenvolvido escalonador capaz de efectuar uma gestão das cargas de forma ao limite de potência contratada não ser ultrapassada, ou no caso de haver falha de energia. Foram criados mecanismos de redução do consumo de alguns equipamentos que são úteis em situações como proximidade do limite máximo de potência contratado ou na redução de custos de forma a ser atingida a estimativa atingida pelo algoritmo ou do consumo pretendido pelo utilizador. Foi também criado um método que em casos de falhas de energia recorre a bateria do veículo eléctrico para sustentar a casa e ao mesmo tempo gera as cargas de alguns equipamentos para prolongar a utilização da casa quando esta se encontra sem o fornecimento de energia pela *utility*

Durante o desenvolvimento deste trabalho não foi possível criar um método capaz de analisar diferentes planos energéticos como as tarifas bi-horários ou tri-horários e efectuar um escalonamento de cargas de forma a reduzir alguns custos, sendo que este podia ser feito

num trabalho futuro. Foram identificados outros aspectos que deveriam ser alvos de trabalho futuros como a utilização das baterias do veículo eléctrico para abastecer a casa no horário em que a tarifa é mais elevada, e carregar as baterias do veículo quando a tarifa é mais baixa; Desenvolver um interface gráfico para um sistema deste calibre, capaz de receber os dados do utilizador, e apresentar os valores de consumo instantâneo, diários ou mensais em forma de gráficos, estes gráficos podem ser relativos apenas a cada equipamento individualmente ou grupos de equipamentos. Este interface deverá ser capaz de ser consultado não só no próprio sistema como em diversos dispositivos como *smartphones* ou computadores portáteis; Desenvolver protocolos de comunicação entre o sistema e os diversos sensores, aparelhos que controlam alguns dos equipamentos e entre o sistema e a *utility*. Este facto era interessante porque permitia que a utility tivesse conhecimento do consumo previsto para a habitação e ajustar a sua produção energética de acordo com a potência necessária assim como capaz de actualizar as tarifas automaticamente.

## Referências

- [1] Residential Monitoring to Decrease Energy Use and Carbon Emissions in Europe. Disponível em [http://www.isr.uc.pt/~remodece/news/Paper\\_DeAlmeida.pdf](http://www.isr.uc.pt/~remodece/news/Paper_DeAlmeida.pdf). Acesso em 5/Julho/2010.
- [2] Consumers Want Green Vehicles to Offer More Than Fuels Savings, Accenture Finds. Disponível em <http://newsroom.accenture.com/news/consumers+want+green+vehicles+to+offer+more+than+fuels+savings+accenture+finds.htm>. Acesso em 5/Julho/2010.
- [3] Mobilidade Urbana Sustentável Disponível em [http://www.carbono-zero.com/23/relatorio\\_de\\_projecto\\_\\_equipa\\_albatroz.pdf](http://www.carbono-zero.com/23/relatorio_de_projecto__equipa_albatroz.pdf). Acesso em 5/Julho/2010.
- [4] Mobilidade Urbana Sustentável. Disponível em [http://www.carbono-zero.com/23/relatorio\\_de\\_projecto\\_\\_equipa\\_albatroz.pdf](http://www.carbono-zero.com/23/relatorio_de_projecto__equipa_albatroz.pdf). Acesso em 5/Julho/2010.
- [5] Jim See, Wayne Carr, P.E., Steven E. Collier. “Real Time Distribution Analysis for Electric Utilities”
- [6] Jason Brogden, Director and Principal, Engage Consulting, ERA Smart Metering Programme Manager, “ERA View on Smart Metering and Interoperability”.
- [7] Dave Openshaw Head of Engineering Regulatory Strategy, EDF Energy Networks, “Smart metering an Energy perspective Network”
- [8] Cathy Mannion, Director of Electricity Networks & Retail, Commission for Energy Regulation, Ireland, “Smart Metering A Regulator’s Perspective”
- [9] Dr Mike Patterson, Business Development Manager, Digital Living Limited “Smart Energy Metering”
- [10] Smart Metering in Western Europe. Disponível em <http://www.berginsight.com/ReportPDF/ProductSheet/bi-sm6-ps.pdf>
- [11] Pier Nabuurs, CEO KEMA “Intelligence into European energy networks” November 2007
- [12] António Aires Messias, “Redes Inteligentes de Energia - Smart Grids” Disponível em <http://www.ordemengenheiros.pt/oe/electrotecnica/Ant%C3%B3nio%20Aires%20Messias.pdf> Acesso em 5/Julho/2010
- [13] Muhammad Salman Yousuf, Syed Z. Rizvi, Research Assistant, Dept of Electrical Engineering, KFUPM, Mustafa El-Shafei, Professor, Department of Systems Engineering. “Power Line Communications: An Overview - Part II”
- [14] Home automation X10 modules Disponível em <http://x10modules.com/shop/pages.php?page=20>

- [15] S. K. Das, D. Cook, A. Bhattacharya, E. O. Heierman and T.-Y. Lin, "The Role of Prediction Algorithms in the MavHome Smart Home Architecture," IEEE Wireless Communications Magazine, vol. 9, no. 6, pp. 77-84, 2002.
- [16][C. D. Kidd, R. Orr, G. D. Abowd, C. G. Atkeson, I. A. Essa, B. MacIn-tyre, E. Mynatt, T. E. Starner and W. Newstetter, "The Aware Home: A Living Laboratory for Ubiquitous Computing Research," Lecture Notes in Computer Science, vol. 1670, pp. 191-198, 1999.
- [17]G. C. de Silva, B. Oh, T. Yamasaki and K. Aizawa, "Ubiquitous Home: Retrieval of Experiences in a Home Environment," IEICE Transactions on Information and Systems, vol. E91-D, no. 2, pp. 330-340, 2008.
- [18]T. Mori, H. Noguchi, A. Takada and T. Sato, "Sensing Room: Distributed Sensor Environment for Measurement of Human Daily Behavior," Proc. of the International Conference on Networked Sensing Systems, June 2004.
- [19]T. Yamazaki, "Ubiquitous Home," International Journal of Smart Home, vol. 1, no. 1, pp. 17-22, 2007
- [20]Changsu Suh and Young-Bae Ko, Member , "Design and Implementation of Intelligent Home Control Systems based on Active Sensor Networks" , IEEE, Janeiro 2011.
- [21]Marcus Vinicius de Almeida Ferreira, "PLC - Power Line Communication"
- [22]HomePlug Powerline Alliance, "HomePlug 1.0 Technology White Paper" Disponível em [http://www.homeplug.org/tech/whitepapers/HP\\_1.0\\_TechnicalWhitePaper\\_FINAL.pdf](http://www.homeplug.org/tech/whitepapers/HP_1.0_TechnicalWhitePaper_FINAL.pdf). Acesso em 4/Julho/2010.
- [23]Mark E. Hazen, Intellon, "The Technology Behind HomePlug AV Powerline Communications"
- [24]Atheros Powerline , "HomePlug® AV Technology Overview "
- [25]Victor Clincy, Ajay Sitaram, David Odaibo, Garima Sogarwal "A Real-Time Study of 802.11b and 802.11g"
- [26] Puttipong Mahasukhon, Michael Hempel, Song Ci, Hamid Sharif, "Comparison of Throughput Performance for the IEEE 802.11a and 802.11g Networks"
- [27]Vasaka Visoottiviseth, Thanakom Piroonsith' Siwaruk Siwamogsatham, "An Empirical Study on Achievable Throughputs of IEEE 802.11n Devices"
- [28]Selvam T Srikanth S, "Performance Study of IEEE 802.11n WLANs"
- [29]Whitepaper, AirMagnet, 802.11n Primer
- [30]M. K. Lee, H.A. Latchman, R. E. Newman, S. Katar, L. Yonge, "Field Performance Comparison of IEEE 802.11b and HomePlug 1.0"
- [31]ZIGBEE SMART ENERGY: THE STANDARD FOR ENERGY EFFICIENCY AVAILABLE NOW



# Anexos

## A - Ficheiros XML

### Ar condicionado

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<arcondicionado>
  <info>
    <categoria>climatizacao</categoria>
    <temperatura>13</temperatura>
    <area>7</area>
    <potencia area="0m-10m" temperatura="16"> 1815</potencia>
    <potencia area="10m-20m" temperatura="16"> 1980</potencia>
    <potencia area="20m-30m" temperatura="16"> 2310</potencia>
    <potencia area="30m-40m" temperatura="16"> 2860</potencia>
    <potencia area="40m-50m" temperatura="16"> 3850</potencia>
    <potencia area="50m-60m" temperatura="16"> 4510</potencia>
    <potencia area="60m-70m" temperatura="16"> 5830</potencia>
    <potencia area="0m-10m" temperatura="17"> 1732</potencia>
    <potencia area="10m-20m" temperatura="17"> 1890</potencia>
    <potencia area="20m-30m" temperatura="17"> 2205</potencia>
    <potencia area="30m-40m" temperatura="17"> 2730</potencia>
    <potencia area="40m-50m" temperatura="17"> 3675</potencia>
    <potencia area="50m-60m" temperatura="17"> 4305</potencia>
    <potencia area="60m-70m" temperatura="17"> 5565</potencia>
    <potencia area="0m-10m" temperatura="18"> 1650</potencia>
    <potencia area="10m-20m" temperatura="18"> 1800</potencia>
    <potencia area="20m-30m" temperatura="18"> 2100</potencia>
    <potencia area="30m-40m" temperatura="18"> 2600</potencia>
    <potencia area="40m-50m" temperatura="18"> 3500</potencia>
    <potencia area="50m-60m" temperatura="18"> 4100</potencia>
    <potencia area="60m-70m" temperatura="18"> 5300</potencia>
    <potencia area="0m-10m" temperatura="19"> 1567</potencia>
    <potencia area="10m-20m" temperatura="19"> 1710</potencia>
    <potencia area="20m-30m" temperatura="19"> 1995</potencia>
    <potencia area="30m-40m" temperatura="19"> 2470</potencia>
    <potencia area="40m-50m" temperatura="19"> 3325</potencia>
    <potencia area="50m-60m" temperatura="19"> 3895</potencia>
    <potencia area="60m-70m" temperatura="19"> 5035</potencia>
    <potencia area="0m-10m" temperatura="20"> 1485</potencia>
    <potencia area="10m-20m" temperatura="20"> 1620</potencia>
    <potencia area="20m-30m" temperatura="20"> 1890</potencia>
    <potencia area="30m-40m" temperatura="20"> 2340</potencia>
    <potencia area="40m-50m" temperatura="20"> 3150</potencia>
    <potencia area="50m-60m" temperatura="20"> 3690</potencia>
    <potencia area="60m-70m" temperatura="20"> 4770</potencia>
    <potencia area="0m-10m" temperatura="21"> 1402</potencia>
    <potencia area="10m-20m" temperatura="21"> 1530</potencia>
    <potencia area="20m-30m" temperatura="21"> 1785</potencia>
  </info>
</arcondicionado>
```

```

<potencia area="30m-40m" temperatura="21"> 2210</potencia>
<potencia area="40m-50m" temperatura="21"> 2975</potencia>
<potencia area="50m-60m" temperatura="21"> 3485</potencia>
<potencia area="60m-70m" temperatura="21"> 4505</potencia>
<potencia area="0m-10m" temperatura="22"> 1320</potencia>
<potencia area="10m-20m" temperatura="22"> 1440</potencia>
<potencia area="20m-30m" temperatura="22"> 1680</potencia>
<potencia area="30m-40m" temperatura="22"> 2080</potencia>
<potencia area="40m-50m" temperatura="22"> 2800</potencia>
<potencia area="50m-60m" temperatura="22"> 3280</potencia>
<potencia area="60m-70m" temperatura="22"> 4240</potencia>
<potencia area="0m-10m" temperatura="23"> 1237</potencia>
<potencia area="10m-20m" temperatura="23"> 1350</potencia>
<potencia area="20m-30m" temperatura="23"> 1575</potencia>
<potencia area="30m-40m" temperatura="23"> 1950</potencia>
<potencia area="40m-50m" temperatura="23"> 2625</potencia>
<potencia area="50m-60m" temperatura="23"> 3075</potencia>
<potencia area="60m-70m" temperatura="23"> 3975</potencia>
<potencia area="0m-10m" temperatura="24"> 1155</potencia>
<potencia area="10m-20m" temperatura="24"> 1260</potencia>
<potencia area="20m-30m" temperatura="24"> 1470</potencia>
<potencia area="30m-40m" temperatura="24"> 1820</potencia>
<potencia area="40m-50m" temperatura="24"> 2450</potencia>
<potencia area="50m-60m" temperatura="24"> 2870</potencia>
<potencia area="60m-70m" temperatura="24"> 3710</potencia>
<potencia area="0m-10m" temperatura="25"> 1072</potencia>
<potencia area="10m-20m" temperatura="25"> 1170</potencia>
<potencia area="20m-30m" temperatura="25"> 1365</potencia>
<potencia area="30m-40m" temperatura="25"> 1690</potencia>
<potencia area="40m-50m" temperatura="25"> 2275</potencia>
<potencia area="50m-60m" temperatura="25"> 2665</potencia>
<potencia area="60m-70m" temperatura="25"> 3445</potencia>
<potencia area="0m-10m" temperatura="26"> 990</potencia>
<potencia area="10m-20m" temperatura="26"> 1080</potencia>
<potencia area="20m-30m" temperatura="26"> 1260</potencia>
<potencia area="30m-40m" temperatura="26"> 1560</potencia>
<potencia area="40m-50m" temperatura="26"> 2100</potencia>
<potencia area="50m-60m" temperatura="26"> 2460</potencia>
<potencia area="60m-70m" temperatura="26"> 3180</potencia>
<potencia area="0m-10m" temperatura="27"> 907</potencia>
<potencia area="10m-20m" temperatura="27"> 990</potencia>
<potencia area="20m-30m" temperatura="27"> 1155</potencia>
<potencia area="30m-40m" temperatura="27"> 1430</potencia>
<potencia area="40m-50m" temperatura="27"> 1925</potencia>
<potencia area="50m-60m" temperatura="27"> 2255</potencia>
<potencia area="60m-70m" temperatura="27"> 2915</potencia>
<potencia area="0m-10m" temperatura="28"> 825</potencia>
<potencia area="10m-20m" temperatura="28"> 900</potencia>
<potencia area="20m-30m" temperatura="28"> 1050</potencia>
<potencia area="30m-40m" temperatura="28"> 1300</potencia>
<potencia area="40m-50m" temperatura="28"> 1750</potencia>
<potencia area="50m-60m" temperatura="28"> 2050</potencia>
<potencia area="60m-70m" temperatura="28"> 2650</potencia>
</info>

```

</arcondicionado>

## Máquina de lavar roupa

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<MaquinaLavarRoupa>
  <info>
    <categoria>lavar roupa</categoria>
    <programas>12</programas>
    <temperatura>7</temperatura>
    <potencia temp="30" programa="1"> 700</potencia>
    <potencia temp="30" programa="2"> 900</potencia>
    <potencia temp="30" programa="3"> 1000</potencia>
    <potencia temp="30" programa="4"> 1200</potencia>
    <potencia temp="30" programa="5"> 1100</potencia>
    <potencia temp="30" programa="6"> 800</potencia>
    <potencia temp="30" programa="7"> 500</potencia>
    <potencia temp="30" programa="8"> 1200</potencia>
    <potencia temp="30" programa="9"> 900</potencia>
    <potencia temp="30" programa="10"> 1100</potencia>
  </info>

```

```

<potencia temp="30" programa="11"> 950</potencia>
<potencia temp="30" programa="12"> 1050</potencia>
<potencia temp="40" programa="1"> 875</potencia>
<potencia temp="40" programa="2"> 1125</potencia>
<potencia temp="40" programa="3"> 1250</potencia>
<potencia temp="40" programa="4"> 1500</potencia>
<potencia temp="40" programa="5"> 1375</potencia>
<potencia temp="40" programa="6"> 1000</potencia>
<potencia temp="40" programa="7"> 625</potencia>
<potencia temp="40" programa="8"> 1500</potencia>
<potencia temp="40" programa="9"> 1125</potencia>
<potencia temp="40" programa="10"> 1375</potencia>
<potencia temp="40" programa="11"> 1187</potencia>
<potencia temp="40" programa="12"> 1312</potencia>
<potencia temp="50" programa="1"> 1050</potencia>
<potencia temp="50" programa="2"> 1350</potencia>
<potencia temp="50" programa="3"> 1500</potencia>
<potencia temp="50" programa="4"> 1800</potencia>
<potencia temp="50" programa="5"> 1650</potencia>
<potencia temp="50" programa="6"> 1200</potencia>
<potencia temp="50" programa="7"> 750</potencia>
<potencia temp="50" programa="8"> 1800</potencia>
<potencia temp="50" programa="9"> 1350</potencia>
<potencia temp="50" programa="10"> 1650</potencia>
<potencia temp="50" programa="11"> 1425</potencia>
<potencia temp="50" programa="12"> 1575</potencia>
<potencia temp="60" programa="1"> 1225</potencia>
<potencia temp="60" programa="2"> 1575</potencia>
<potencia temp="60" programa="3"> 1750</potencia>
<potencia temp="60" programa="4"> 2100</potencia>
<potencia temp="60" programa="5"> 1925</potencia>
<potencia temp="60" programa="6"> 1400</potencia>
<potencia temp="60" programa="7"> 875</potencia>
<potencia temp="60" programa="8"> 2100</potencia>
<potencia temp="60" programa="9"> 1575</potencia>
<potencia temp="60" programa="10"> 1925</potencia>
<potencia temp="60" programa="11"> 1662</potencia>
<potencia temp="60" programa="12"> 1837</potencia>
<potencia temp="70" programa="1"> 1400</potencia>
<potencia temp="70" programa="2"> 1800</potencia>
<potencia temp="70" programa="3"> 2025</potencia>
<potencia temp="70" programa="4"> 2400</potencia>
<potencia temp="70" programa="5"> 2200</potencia>
<potencia temp="70" programa="6"> 1600</potencia>
<potencia temp="70" programa="7"> 1000</potencia>
<potencia temp="70" programa="8"> 2400</potencia>
<potencia temp="70" programa="9"> 1800</potencia>
<potencia temp="70" programa="10"> 2200</potencia>
<potencia temp="70" programa="11"> 1900</potencia>
<potencia temp="70" programa="12"> 2100</potencia>
<potencia temp="80" programa="1"> 1575</potencia>
<potencia temp="80" programa="2"> 2025</potencia>
<potencia temp="80" programa="3"> 2250</potencia>
<potencia temp="80" programa="4"> 2700</potencia>
<potencia temp="80" programa="5"> 2475</potencia>
<potencia temp="80" programa="6"> 1800</potencia>
<potencia temp="80" programa="7"> 1125</potencia>
<potencia temp="80" programa="8"> 2700</potencia>
<potencia temp="80" programa="9"> 2025</potencia>
<potencia temp="80" programa="10"> 2475</potencia>
<potencia temp="80" programa="11"> 2137</potencia>
<potencia temp="80" programa="12"> 2362</potencia>
<potencia temp="90" programa="1"> 1750</potencia>
<potencia temp="90" programa="2"> 2250</potencia>
<potencia temp="90" programa="3"> 2500</potencia>
<potencia temp="90" programa="4"> 3000</potencia>
<potencia temp="90" programa="5"> 2750</potencia>
<potencia temp="90" programa="6"> 2000</potencia>
<potencia temp="90" programa="7"> 1250</potencia>
<potencia temp="90" programa="8"> 3000</potencia>
<potencia temp="90" programa="9"> 2250</potencia>
<potencia temp="90" programa="10"> 2750</potencia>
<potencia temp="90" programa="11"> 2375</potencia>
<potencia temp="90" programa="12"> 2625</potencia>
<duracao programa="1">100</duracao>

```

```

<duracao programa="2">110</duracao>
<duracao programa="3">129</duracao>
<duracao programa="4">80</duracao>
<duracao programa="5">90</duracao>
<duracao programa="6">95</duracao>
<duracao programa="7">60</duracao>
<duracao programa="8">115</duracao>
<duracao programa="9">110</duracao>
<duracao programa="10">120</duracao>
<duracao programa="11">95</duracao>
<duracao programa="12">120</duracao>

```

```

</info>
</MaquinaLavarRoupa>

```

## Veículo eléctrico

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
```

```

<veiculo>
  <info>
    <categoria>eletrico</categoria>
    <potencia>3300</potencia>
    <bateria>24000</bateria>
    <carregamento>100</carregamento>
    <consumo>220</consumo>
  </info>
</veiculo>

```

```

<!-- potencia para o carregamento -->
<!-- capacidade da bateria -->
<!-- velocidade do carregamento w/minuto -->
<!-- consumo por km -->

```

## Lâmpada 60W

```
<?xml version="1.0"?>
```

```

<Lampada>
  <info>
    <categoria>iluminacao</categoria>
    <tipo>Incandescente</tipo>
    <potencia>60</potencia>
    <dim>sim</dim>
    <dim percentagem ="10">54</dim>
    <dim percentagem ="25">48</dim>
    <dim percentagem ="50">36</dim>
    <dim percentagem ="75">24</dim>
  </info>
</Lampada>

```

## Lâmpada 23W

```
<?xml version="1.0"?>
```

```

<Lampada>
  <info>
    <categoria>iluminacao</categoria>
    <tipo>fluorescentes</tipo>
    <potencia>23</potencia>
    <dim>nao</dim>
  </info>
</Lampada>

```

## Frigorífico

```

<frigorifico>
  <info>
    <categoria>frio</categoria>
    <potencia> 200</potencia>
  </info>
</frigorifico>

```

## Televisão

```
<?xml version="1.0"?>
```

```
<Televisao>
  <info>
    <categoria>entertainment</categoria>
    <potencia> 150</potencia>
    <stand-by> 10 </stand-by>
  </info>
</Televisao>
```

## B- Dados de entrada sobre a utilização dos equipamentos

O ficheiro de dados esta organizado da seguinte maneira:

Cada coluna corresponde a um equipamento

cada linha é uma intervalo de 15 min

Zero -> desligado

Um -> ligado

[illegible]

[illegible]

## C- Log do simulador

Log de um dia de simulação

\*\*\*\*\*Mes: 0 DIA: 0\*\*\*\*\*

buffer: 0

consumo previsto: 900000

Bateria para: 90km ou 4 dias

hora:0:0      MaquinaLavarRoupa      MaquinaLavarLoica      MáquinasecarRoupa      Consumo instantaneo: 5228

hora:0:0	MaquinaLavarRoupa	MaquinaLavarLoica	MaquinaSecarRoupa	Consumo instantaneo: 5226
hora:0:15	MaquinaLavarRoupa	MaquinaLavarLoica	MáquinaSecarRoupa	Consumo instantaneo: 5187

hora:0:30 MaquinaLavarRoupa Consumo instantaneo: 2676

hora:0:56	MaquinaLavarRoupa	Consumo instantaneo: 2976
hora:0:45	MaquinaLavarRoupa	Consumo instantaneo: 2632

hora:0:15	MaquinaLavarRoupa	Consumo instantaneo: 2032
hora:1:0	MaquinaLavarRoupa	Consumo instantaneo: 3032

hora:1:15      MaquinaLavarRoupa      Consumo instantaneo: 2670

hora:1:30      MaquinaLavarRoupa      Consumo instantaneo: 2261

hora:1:45	MaquinaLavarRoupa	Com
-----------	-------------------	-----

hora:2:0 Consumo instantáneo: 680

hora:2:15      MaquinaLavarLoica      MáquinasecarRoupa      Consumo instantaneo: 4226

hora:2:30      MaquinaLavarLoica      MáquinasecarRoupa      Consumo instantaneo: 3306

hora:2:45      MáquinaLavarLoica      MáquinasecarRoupa      Consumo instantaneo: 4192

hora:3:0      MaquinaLavarLoica      MáquinasecarRoupa      Consumo instantaneo: 3493

hora:3:15      MaquinaLavarLoica      MáquinasecarRoupa      Consumo instantaneo: 3678

hora:3:30	MaquinaLavarLoica	MáquinasecarRoupa	Consumo instantaneo: 3870
-----------	-------------------	-------------------	---------------------------

hora:3:45	MaquinaLavarLoica	MáquinasecarRoupa	Consumo instantaneo: 4009
-----------	-------------------	-------------------	---------------------------

hora:4:0	MaquinaLavarLoica	MáquinasecarRoupa	Coms
hora:4:15	MaquinaLavarLoica	6	22:1

hora:4:15	MaquinaLavarLoica	Consumo instantaneo: 2241
hora:4:30	MaquinaLavarLoica	Consumo instantaneo: 1861

hora:4:30	MaquinaLavarLoica	Consumo instantaneo: 1963
hora:4:45	MaquinaLavarLoica	Consumo instantaneo: 2280

hora:4:45	MaquinaLavarLoica	Consumo instantaneo: 2280
hora:5:0	MaquinaLavarLoica	Consumo instantaneo: 1943

hora:5:15	MaquinaLavarLoica	Comsumo instantaneo: 2455	
hora:5:30	MaquinaLavarLoica	Comsumo instantaneo: 2423	
hora:5:45	Comsumo instantaneo: 881		
hora:6:0	Comsumo instantaneo: 410		
hora:6:15	Comsumo instantaneo: 747		
hora:6:30	Comsumo instantaneo: 506		
hora:6:45	Comsumo instantaneo: 608		
hora:7:0	Comsumo instantaneo: 3107		
hora:7:15	Comsumo instantaneo: 1992		
hora:7:30	Comsumo instantaneo: 1924		
hora:7:45	Comsumo instantaneo: 2056		
hora:8:0	Comsumo instantaneo: 2330		
hora:8:15	Comsumo instantaneo: 2047		
hora:8:30	Comsumo instantaneo: 2247		
hora:8:45	MaquinaLavarRoupa	MaquinaLavarLoica	MáquinasecarRoupa Comsumo instantaneo: 3998
hora:9:0	MaquinaLavarRoupa	Comsumo instantaneo: 2125	
hora:9:15	MaquinaLavarRoupa	Comsumo instantaneo: 2125	
hora:9:30	MaquinaLavarRoupa	Comsumo instantaneo: 2125	
hora:9:45	MaquinaLavarRoupa	Comsumo instantaneo: 2125	
hora:10:0	MaquinaLavarRoupa	Comsumo instantaneo: 2125	
hora:10:15	MaquinaLavarRoupa	Comsumo instantaneo: 2173	
hora:10:30	MaquinaLavarRoupa	Comsumo instantaneo: 2125	
hora:10:45	MaquinaLavarLoica	MáquinasecarRoupa	Comsumo instantaneo: 3278
hora:11:0	MaquinaLavarLoica	MáquinasecarRoupa	Comsumo instantaneo: 3230
hora:11:15	MaquinaLavarLoica	MáquinasecarRoupa	Comsumo instantaneo: 3230
hora:11:30	MaquinaLavarLoica	MáquinasecarRoupa	Comsumo instantaneo: 3230
hora:11:45	MaquinaLavarLoica	MáquinasecarRoupa	Comsumo instantaneo: 3230
hora:12:0	MaquinaLavarLoica	MáquinasecarRoupa	Comsumo instantaneo: 3278
hora:12:15	MaquinaLavarLoica	MáquinasecarRoupa	Comsumo instantaneo: 3230
hora:12:30	MaquinaLavarLoica	MáquinasecarRoupa	Comsumo instantaneo: 3230
hora:12:45	MaquinaLavarLoica	Comsumo instantaneo: 1700	
hora:13:0	MaquinaLavarLoica	Comsumo instantaneo: 1748	
hora:13:15	MaquinaLavarLoica	Comsumo instantaneo: 1700	
hora:13:30	MaquinaLavarLoica	Comsumo instantaneo: 1700	
hora:13:45	MaquinaLavarLoica	Comsumo instantaneo: 1700	
hora:14:0	MaquinaLavarLoica	Comsumo instantaneo: 1700	
hora:14:15	Comsumo instantaneo: 248		
hora:14:30	Comsumo instantaneo: 248		
hora:14:45	Comsumo instantaneo: 200		
hora:15:0	Comsumo instantaneo: 248		
hora:15:15	MaquinaLavarRoupa	MaquinaLavarLoica	MáquinasecarRoupa Comsumo instantaneo: 5155
hora:15:30	MaquinaLavarRoupa	MaquinaLavarLoica	MáquinasecarRoupa Comsumo instantaneo: 5155
hora:15:45	MaquinaLavarRoupa	MaquinaLavarLoica	MáquinasecarRoupa Comsumo instantaneo: 5155
hora:16:0	MaquinaLavarRoupa	MaquinaLavarLoica	MáquinasecarRoupa Comsumo instantaneo: 5155
hora:16:15	MaquinaLavarRoupa	MaquinaLavarLoica	MáquinasecarRoupa Comsumo instantaneo: 5155
hora:16:30	MaquinaLavarRoupa	MaquinaLavarLoica	MáquinasecarRoupa Comsumo instantaneo: 5155
hora:16:45	MaquinaLavarRoupa	MaquinaLavarLoica	MáquinasecarRoupa Comsumo instantaneo: 5155
hora:17:0	MaquinaLavarRoupa	MaquinaLavarLoica	MáquinasecarRoupa Comsumo instantaneo: 5203
hora:17:15	MaquinaLavarLoica	Comsumo instantaneo: 1700	
hora:17:30	MaquinaLavarLoica	Comsumo instantaneo: 1700	
hora:17:45	MaquinaLavarLoica	Comsumo instantaneo: 1700	
hora:18:0	MaquinaLavarLoica	Comsumo instantaneo: 3822	
hora:18:15	MaquinaLavarLoica	Comsumo instantaneo: 4028	
hora:18:30	MaquinaLavarLoica	Comsumo instantaneo: 3935	
hora:18:45	Comsumo instantaneo: 2052		
hora:19:0	Comsumo instantaneo: 2418		
hora:19:15	Comsumo instantaneo: 2073		
hora:19:30	Comsumo instantaneo: 2277		
hora:19:45	Comsumo instantaneo: 2348		
hora:20:0	Comsumo instantaneo: 2458		
hora:20:15	Comsumo instantaneo: 2411		
hora:20:30	Comsumo instantaneo: 2221		
hora:20:45	Comsumo instantaneo: 2103		
hora:21:0	Comsumo instantaneo: 2002		
hora:21:15	Comsumo instantaneo: 2465		
hora:21:30	Comsumo instantaneo: 1994		
hora:21:45	Comsumo instantaneo: 2315		
hora:22:0	Comsumo instantaneo: 2213		
hora:22:15	Comsumo instantaneo: 1973		
hora:22:30	Comsumo instantaneo: 1800		
hora:22:45	Comsumo instantaneo: 2051		
hora:23:0	Comsumo instantaneo: 2031		
hora:23:15	Comsumo instantaneo: 1766		
hora:23:30	Comsumo instantaneo: 2127		
hora:23:45	Comsumo instantaneo: 2262		

Bateria para:74km ou 3 dias  
 \*\*\*\*Comsumo do dia: 63982\*\*\*\*\*  
 buffer: -5097